

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

**Křižovatka silnic I/68 a II/648 v Horních Tošanovicích**

Intersection of Roads I/68 and II/648 in Horni Tosanovice

Student:

David Zoubek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

Ostrava 2016

## Zadání bakalářské práce

Student:

**David Zoubek**

Studijní program:

B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3607R042 Dopravní inženýrství

Téma:

Křižovatka silnic I/68 a II/648 v Horních Tošanovicích  
Intersection of Roads I/68 and II/648 in Horni Tosanovice

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je analyzovat bezpečnost silničního provozu na křižovatce silnic I/68 a II/648 v Horních Tošanovicích (okres Frýdek-Místek) a vhodnost současného uspořádání. Práce bude obsahovat výsledky provedených dopravních průzkumů (průzkum intenzit, směrový průzkum, analýzu dopravní nehodovosti, videoanalýzu konfliktních situací atp.). Budou provedeny potřebné kapacitní výpočty (současného i výhledového stavu), návrhy úprav zadané křižovatky a simulační modely v programu PTV VISSIM.

Seznam doporučené odborné literatury:

Folprecht, Jan; Křivda, Vladislav. *Organizace a řízení dopravy I*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 158 s. ISBN 80-248-1030-1

Křivda, Vladislav. *Organizace a řízení dopravy II*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 154 s. ISBN 978-80-248-2123-8

TP 81 *Navrhování světelných signalizačních zařízení na pozemních komunikacích: Technické podmínky*. 2. vyd. Brno: CDV Brno, 2006, 124 s. ISBN 80-86502-30-9.

TP 135 *Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích: Technické podmínky*. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2005, 54 s.

TP 188 *Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek: Technické podmínky*. Liberec: EDIP, 2007, 64 s. ISBN 978-80-902527-6-9.

TP 234 *Posuzování kapacity okružních křižovatek: Technické podmínky*. Liberec: EDIP, 2011, 56 s. ISBN 978-80-87394-02-01.

TP 235 *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek: Technické podmínky*. Liberec: EDIP, 2011, 52 s. ISBN 978-80-87394-03-8.

ČSN 73 6102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích (vč. změn)*

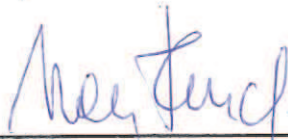
*Uživatelský manuál k programu PTV VISSIM*

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 02.05.2016



Ing. Ivan Fencl, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 2.5.2016 .....

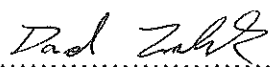
..... Daniel Zoubek .....

Podpis studenta

## Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 2.5.2016 .....

.....  .....

Podpis studenta

## **Anotace**

ZOUBEK, David. *Křižovatka silnic I/68 a II/648 v Horních Tošanovicích*. Bakalářská práce. VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební 2016, 57 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

Předmětem bakalářské práce „Křižovatka silnic I/68 a II/648 v Horních Tošanovicích“ je analýza dopravní situace na této křižovatce a následné navržení opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti. Součástí bakalářské práce je provedení dopravně inženýrského průzkumu včetně videoanalýzy konfliktních situací, ze kterých byly získány údaje o intenzitě dopravy, skladbě dopravních proudů a jejich směrovém vedení. Dále byly navrženy dvě varianty řešení ke zvýšení bezpečnosti a jejich následné posouzení a vyhodnocení. Prvním návrhem je úprava přednosti v jízdě a druhým návrhem je okružní křižovatka. V poslední části jsou vytvořeny simulační modely křižovatky v programu PTV VISSIM.

## **Annotation**

Zoubek, David. *Intersection of Roads I/68 and II/648 in Horni Tosanovice*. Bachelor's thesis. VŠB - TU Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2016, 57 p. Supervisor doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

The subject of the bachelor thesis „Intersection of Roads I/68 and II/648 in Horni Tosanovice“ is to analyze the intersection and then suggest a solution to increase a safety. The bachelor thesis includes a traffic survey, a conflict situations video, traffic intensity and the traffic flows and routes. The results of this bachelor thesis are two new layouts, which lead to increase a safety and its assessments and evaluations. The first layout's solution is modifying the right of way and the second layout's solution is a roundabout. In the final part, there are traffic simulations in PTV VISSIM software.

## **Klíčová slova**

křižovatka, Horní Tošanovice, doprava, bezpečnost, kapacitní posouzení, nehodovost, dopravní průzkum, okružní křižovatka, PTV VISSIM

## **Keywords**

intersection, Horni Tosanovice, traffic, safety, capacity assessments, traffic accidents, traffic survey, roundabout, PTV VISSIM

## Obsah

Seznam použitého značení .....	1
1. Úvod.....	3
2. Popis dopravní situace .....	4
2.1 Lokalizace a širší dopravní vztahy .....	4
2.2 Historie křižovatky .....	6
2.3 Popis křižovatky .....	10
2.4 Problematika současného uspořádání křižovatky .....	14
2.5 Dopravní značení .....	14
3. Dopravní nehodovost na křižovatce.....	16
4. Dopravně - inženýrský průzkum.....	18
4.1 Označení ramen .....	18
4.2 Sčítání dopravy .....	19
4.3 Určení špičkové hodiny .....	21
4.4 Přepočtená vozidla.....	22
5. Videoanalýza konfliktních situací.....	24
5.1 Popis metody .....	24
5.2 Konfliktní situace .....	24
5.3 Výsledky videoanalýzy konfliktních situací.....	25
6. Posouzení kapacity neřízené křižovatky – současný stav .....	27
6.1 Stupně podřazenosti dopravních proudů .....	27
6.2 Intenzity dopravních proudů.....	28
6.3 Rozhodující intenzity .....	29
6.4 Kritický časový odstup .....	29
6.5 Následný časový odstup .....	30
6.6 Základní kapacita.....	31
6.7 Kapacita .....	32
6.8 Rezerva kapacity.....	33
6.9 Střední doba zdržení a úroveň kvality dopravy .....	35
6.10 Stanovení délky fronty .....	36
7. Prognóza intenzit .....	39



8. Posouzení kapacity neřízené křižovatky – výhledový stav.....	42
9. Návrhy úprav křižovatky .....	43
9.1 Varianta A – změna přednosti na stykové křižovatce .....	43
9.1.1 Popis návrhu .....	43
9.1.2 Kapacitní výpočet.....	45
9.2 Varianta B – okružní křižovatka.....	45
9.2.1 Popis návrhu .....	45
9.2.2 Kapacitní výpočet.....	47
9.3 Vyhodnocení návrhů.....	48
10. PTV VISSIM .....	50
11. Závěr .....	52
12. Seznam použité literatury.....	53
Seznam obrázků .....	55
Seznam tabulek .....	56
Seznam příloh.....	57
Seznam výkresů.....	57

# Seznam použitého značení

## Seznam zkratek

A	autobusy
C	cyklisté
d. p.	dopravní proud
ČSN	česká státní norma
LV	lehká vozidla
M	motocykly
N	nákladní automobily
NS	nákladní soupravy a kloubové autobusy
np	najetí do protisměru
O	osobní automobily
PK	pozemní komunikace
PL	Polská republika
pvoz	přepočtené vozidlo
SV	součet vozidel
TP	technické podmínky
TV	těžká vozidla
ÚKD	úroveň kvality dopravy
voz	vozidlo

## Seznam veličin

$a_v$	stupeň vytížení [-]
$b$	vzdálenost mezi kolizními body na výjezdu z okružního jízdního pásu a vjezdem na okružní jízdní pás na okruhu [m]
$C_e$	kapacita výjezdu [pvoz/h]
$C_i$	kapacita vjezdu [pvoz/h]
$C_n$	kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h]
$G_n$	základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h]
$H_j$	celkové ohodnocení j-té varianty [-]

$h_i^j$	dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu [-]
$I$	intenzita dopravy ve špičkové hodině [voz/h], [pvoz/h]
$I_e$	intenzita dopravy na výjezdu [pvoz/h]
$I_H$	rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h]
$I_i$	intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h]
$I_n$	intenzita dopravy dopravního proudu n [pvoz/h]
$I_k$	intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h]
$I_{vi}$	výhledová intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [voz/h]
$I_{0i}$	výchozí intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [voz/h]
$k_i$	nenormovaná váha kritéria [-]
$k_{pi}$	koeficient prognózy intenzit dopravy pro danou skupinu vozidel [-]
$k_{vi}$	koeficient vývoje dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu vozidel [-]
$k_{0i}$	koeficient vývoje dopravy pro výchozí rok a pro danou skupinu vozidel [-]
$N_{95\%}$	délka fronty na vjezdu [m]
$n$	dopravní proud [-]
$n$	počet kritérií [-]
$n_{e,koef}$	koeficient zohledňující počet pruhů na výjezdu [-]
$n_{i,koef}$	koeficient zohledňující počet pruhů na vjezdu [-]
$n_k$	počet jízdnic pruhů na okruhu [-]
$p_{0,n}$	pravděpodobnost nevzdutí nadřazených proudů [-]
$p_i$	pořadí i-tého kritéria v jeho preferenčním uspořádání [-]
$R_e$	poloměr výjezdu [m]
$R_i$	poloměr vjezdu [m]
$Rez$	rezerva kapacity [pvoz/h], [%]
$t_f$	následný časový odstup [s]
$t_g$	kritický časový odstup [s]
$t_w$	střední doba zdržení [s]
$v_{85\%}$	rychlostní charakteristika dopravního proudu, která vyjadřuje rychlost, kterou nepřekračuje 85 % vozidel [km/h]
$v_i$	normovaná váha i-tého kritéria [-]

# 1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá stykovou křižovatkou, kterou tvoří silnice I/68 a II/648 v Horních Tošanovicích. Křižovatka je v současné době nevhodně stavebně uspořádána a jedním z úkolů této bakalářské práce je analyzovat její stav a navrhnout opatření, která by vedla ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

Na řešené křižovatce je hlavní komunikace zalomená, což samo o sobě způsobuje řidičům velké potíže. Navíc je zde velice nevhodně umístěno vodorovné dopravní značení v podobě dopravního stínu, které ztěžuje vozidlům průjezd křižovatkou a je mnohdy nerespektováno.

Celá práce je rozdělena do několika částí, základním prvkem je dopravně – inženýrský průzkum, který byl proveden v září roku 2015. Součástí tohoto průzkumu bylo pořízení videozáznamu a měření intenzity dopravních proudů. Následně byly vypočítány kapacity jednotlivých dopravních proudů na křižovatce, zaznamenány konfliktní situace a proběhla také analýza dopravní nehodovosti. Poté byla provedena prognóza intenzit a posouzení kapacity současného stavu křižovatky na návrhový rok 2035.

V neposlední řadě byla navržena řešení problémů, které se na křižovatce vyskytují. Prvním navrhovaným řešením je změna přednosti na stykové křižovatce a druhým návrhem je vybudování okružní křižovatky. Průjezdnost návrhů byla ověřena v programu AutoTURN a byla také zpracována simulace provozu programem PTV VISSIM.

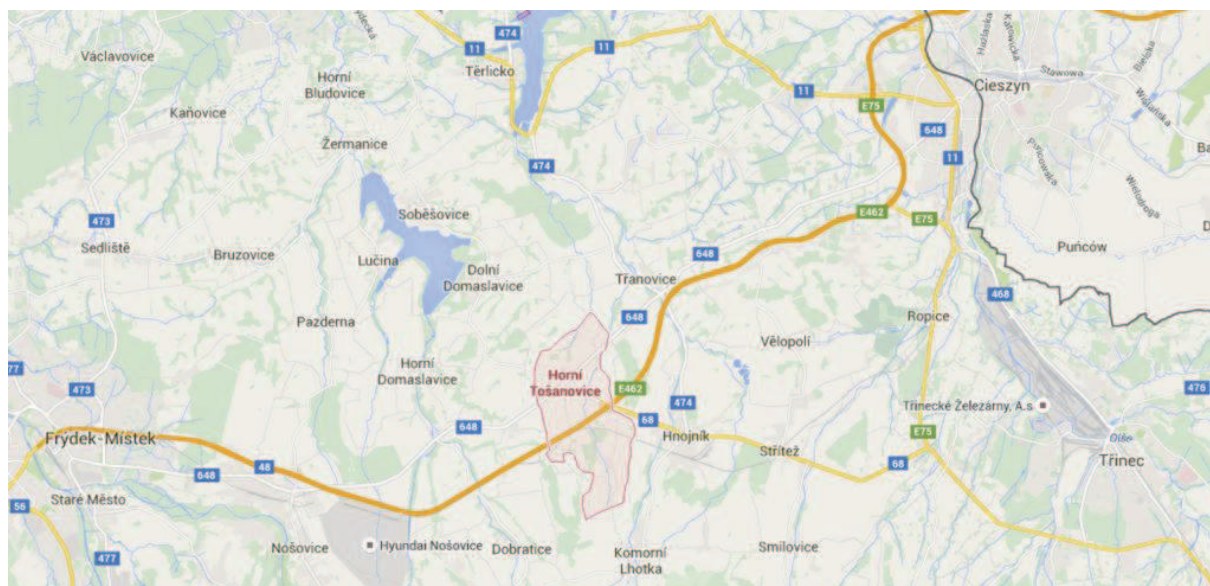
## 2. Popis dopravní situace

### 2.1 Lokalizace a širší dopravní vztahy

Řešená křižovatka silnic I/68 a II/648 se nachází v obci Horní Tošanovice, která leží v okrese Frýdek-Místek v Moravskoslezském kraji. Horní Tošanovice leží v podhorské krajině mezi Žermanickou přehradou a Moravskoslezskými Beskydy. Nejbližšími nejen dopravně významnějšími sídly jsou Frýdek-Místek, Třinec a Český Těšín. Katastrální výměra obce činí pouze 5,29 km<sup>2</sup> a zdejší zástavbu tvoří výhradně rodinné domy. K 1. 1. 2015 zde mělo trvalý pobyt přihlášeno celkem 560 obyvatel [8]. Tyto údaje nám napovídají o tom, že zde bude mít nejvyšší podíl doprava tranzitní.

Ze severozápadu sousedí Horní Tošanovice s obcí Dolní Domaslavice, ze severovýchodu s obcí Třanovice, z východu s obcí Hnojník, z jihovýchodu s obcí Komorní Lhotka, z jihu s obcí Dobratice a ze západu s obcí Dolní Tošanovice.

Lokalizace obce je znázorněna na obrázku 1.



Obrázek 1 - Lokalizace obce [7]

Horními Tošanovicemi prochází také regionální železniční trať číslo 322, která spojuje města Cieszyn, Český Těšín a Frýdek Místek. Obcí ovšem prochází také významné komunikace pro motorová vozidla:

- **Dálnice D48**

- komunikace, která byla do 31. 12. 2015 označována jako R48,
- významná regionální trasa s velkým podílem dálkové přepravy,
- šířkové uspořádání odpovídá čtyřpruhové, směrově rozdělené komunikaci,
- v současnosti je v provozu 32 km dálnice, je to úsek spojující města Frýdek-Místek a Český Těšín a obchvat Bělotína,
- dalších 38 km dálnice je v přípravě a nahradí současné spojení Bělotína a Frýdku-Místku, které poskytuje čtyřpruhová silnice I/48, ta ale nemá dostatečné šířkové parametry a technický stav,
- je součástí evropské silnice E462, která propojuje Brno a Krakov (PL),
- na území obce Horní Tošanovice se nachází také Exit 62 Tošanovice, který je vzdálen od řešené křižovatky silnic I/68 a II/648 přibližně 1 km.

- **Silnice I/68**

- Více informací v kapitole 2.3 Popis křižovatky.

- **Silnice II/648**

- Více informací v kapitole 2.3 Popis křižovatky.

- **Silnice III/4735**

- silnice III. třídy vede po trase Horní Tošanovice – Soběšovice – Dolní Bludovice,
- komunikace regionálního významu, umožňující přilehlým obcím napojení na nadřazenou dopravní síť (dálnice D48 a silnice I/11),
- průtah silnice III/4735 lze charakterizovat jako sběrnou komunikaci funkční skupiny B,
- šířkové uspořádání odpovídá dvoupruhové směrově nerozdělené komunikaci.

Co se týče širších dopravních vztahů, provoz na okolních komunikacích velmi výrazně ovlivňuje průmyslová zóna v Nošovicích, kde se nachází automobilový závod jihokorejské automobilky Hyundai. Průmyslová zóna je vzdálena od obce Horní Tošanovice přibližně 6 km a spuštění sériové výroby bylo zahájeno v listopadu 2008. O rok později došlo ke spuštění druhé směny a v roce 2011 došlo ke spuštění dokonce třetí směny.

Třísměnný provoz znamená, že většina zaměstnanců na montážní lince pracuje od 6:00 do 14:00, od 14:00 do 22:00 nebo od 22:00 do 6:00. Úředníci pracují většinou přibližně od 7:00 do 15:00, tyto časové údaje jsou důležitým údajem a bylo třeba je zohlednit v plánování dopravního průzkumu. V celé průmyslové zóně pracuje více než 10 000 zaměstnanců, kteří samozřejmě ovlivňují provoz v blízkém okolí. Dotčeny jsou také komunikace, které tvoří řešenou křižovatku silnic I/68 a II/648, viz obrázek 2.

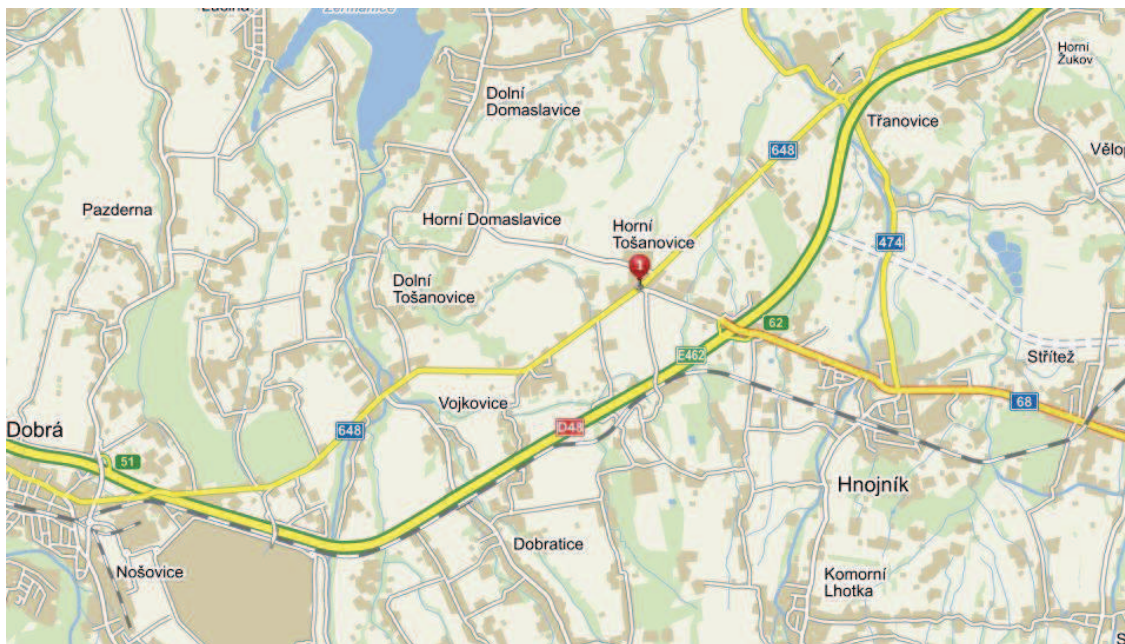
## **2.2 Historie křižovatky**

Historie křižovatky ukazuje, že v nedávné minulosti zde docházelo ke změnám nejen vodorovného a svislého dopravního značení, ale také ke stavebním úpravám.

V minulosti měla křižovatka o mnoho větší dopravní význam, než má nyní. Důvodem snížení intenzit dopravy na této křižovatce byla výstavba rychlostní komunikace R48 (nyní již nese tato komunikace označení dálnice D48). Dálnice D48 probíhá v této lokalitě podél trasy nynější silnice II/648. Stavební a šířkové uspořádání dálnice D48 v kombinaci s vyšší maximální povolenou rychlostí jsou pro řidiče, kteří nemají start nebo cíl cesty právě v okolí Horních Tošanovic logicky příznivější. Viz obrázek 2.

Od prosince roku 2007, kdy byla otevřena rychlostní komunikace R48 tak došlo k výraznému poklesu intenzit dopravy na řešené křižovatce I/68 a II/648. Křižovatka tak byla v minulosti navržena na několikanásobně vyšší intenzitu dopravy. Důsledkem toho je, že v současnosti disponuje křižovatka velkou rezervou kapacity, což bude dokázáno v kapitole 6. Posouzení kapacity neřízené křižovatky – současný stav.





Obrázek 2 – Širší dopravní vztahy [1]

## Rok 2003

V roce 2003 byla tato styková tříramenná křižovatka (v té době ještě silnic I/48 a I/68) v nevyhovujícím stavu, protože úhel napojení vedlejší komunikace byl  $60^\circ$ . Odbočení z ramena B do ramena A bylo tak velmi obtížné, jak z důvodu malého poloměru oblouku, tak především z důvodu špatných rozhledových podmínek. Rozhled komplikovala vozidla, odbočující z ramena B do ramena C, viz obrázek 3.



Obrázek 3 - Mapa křižovatky z roku 2003 [1]



## Rok 2005

V roce 2005 došlo k rekonstrukci křižovatky (v té době ještě silnic I/48 a I/68), která vedla ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Byly provedeny menší stavební úpravy a nastala také změna vodorovného dopravního značení (byl vytvořen dopravní stín). Díky většímu úhlu napojení vedlejší komunikace byl umožněn přehlednější a bezpečnější průjezd vozidel z ramena B do ramena A.

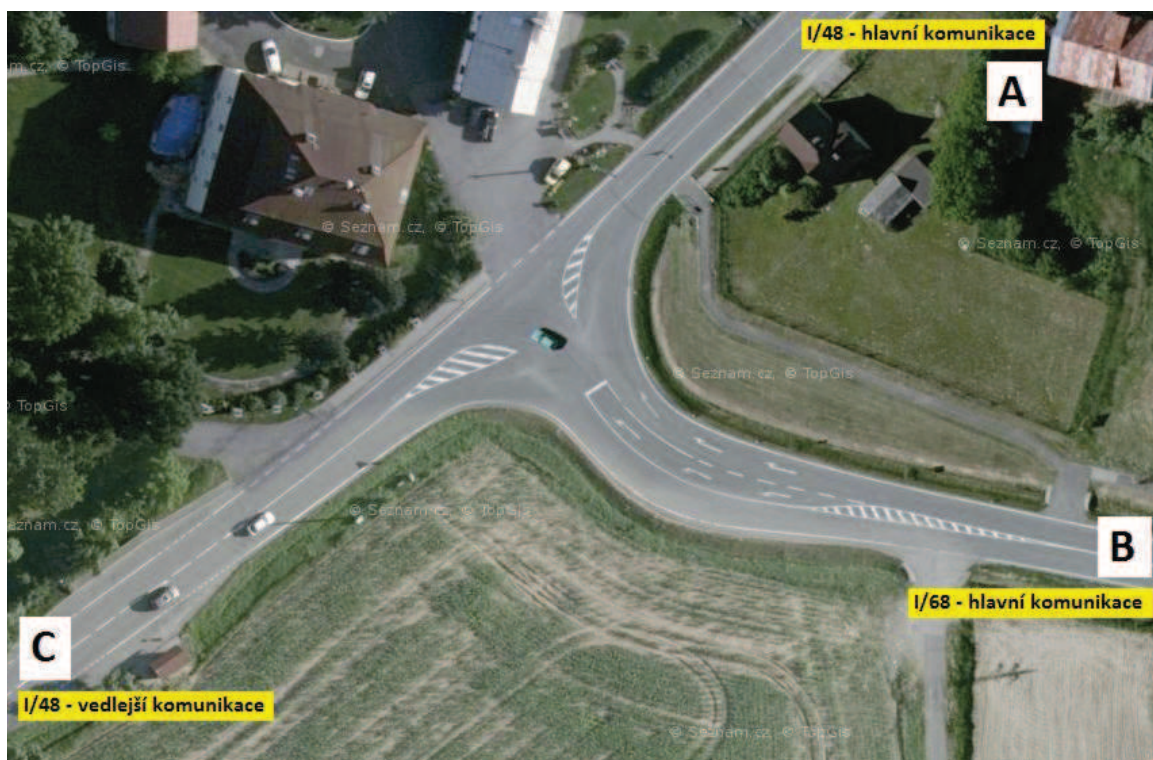
Vzhledem k tomu, že se v oblouku právě mezi rameny A a B nacházel soukromý pozemek, bylo rozšíření provedeno v protilehlém oblouku křižovatky (mezi rameny B a C). Situace křižovatky v roce 2005 je na obrázku 4.



Obrázek 4 - Mapa křižovatky z roku 2006 [1]

## Rok 2007

V prosinci roku 2007 došlo na křižovatce ke změně přednosti. Od této doby jsou hlavními komunikacemi rameno A – směr Český Těšín a rameno B – směr D48, Třinec. Vedlejší komunikací se stalo rameno C – směr Frýdek-Místek, Nošovice, viz obrázek 5.



Obrázek 5 - Mapa křižovatky z roku 2008 [1]

Stalo se tak z důvodu zprovoznění rychlostní komunikace R48 (dnes je tato komunikace označována jako dálnice D48), její přítomnost výrazně snížila intenzitu dopravy na řešené křižovatce a došlo také ke změně převládajících dopravních proudů. Zatímco před prosincem roku 2007 byl převládající dopravní proud z ramena C do ramena A, po výstavbě rychlostní komunikace R48 byl převládajícím dopravním proudem ten z ramena B do A.

## Rok 2008

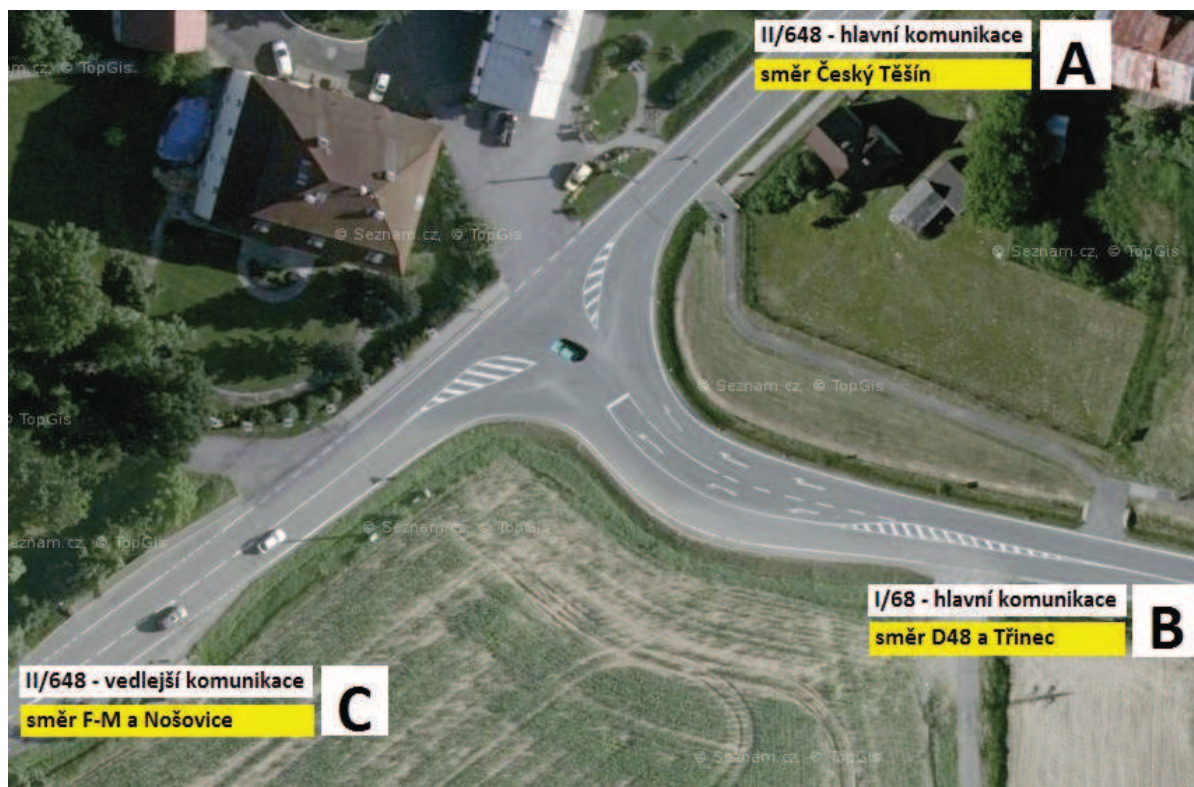
V roce 2008 byl úsek silnice I. třídy I/48 rozhodnutím Ministerstva dopravy, odboru pozemních komunikací vyřazen ze silniční sítě a rozhodnutím Krajského úřadu Moravskoslezského kraje, odboru dopravy a silničního hospodářství zařazen jako silnice II. třídy II/648.



## 2.3 Popis křižovatky

Křižovatka silnic I/68 a II/648 je v současnosti uspořádána jako úroňová neřízená styková křižovatka se zalomenou předností. Křižovatka se nachází v obci, a tak její ramena tvoří průtahy výše uvedených silnic. Komunikace vedoucí z jihozápadu na severovýchod je silnice II. třídy II/648. Komunikace na ní kolmá, směřující na východ je silnice I. třídy I/68, která v místě křižovatky končí. Situace křižovatky v současném stavu je na obrázku 6.

Hlavními komunikacemi jsou rameno A, které směřuje směrem na Český Těšín a rameno B, vedoucí ke křižovatce s dálnicí D48 a Třinci. Vedlejší komunikaci tvoří rameno C, které směřuje k Frýdku-Místku, potažmo průmyslové zóně v Nošovicích. Rameno A disponuje jedním společným jízdním pruhem, který použijí řidiči jak při odbočení vlevo směrem ke křižovatce s dálnicí D48 a na Třinec, tak pro průjezd křižovatkou přímo směrem k Frýdku-Místku. Rameno B se před křižovatkou rozšiřuje na dva samostatné jízdní pruhy, jeden pro odbočení vpravo směrem na Český Těšín a druhý pro odbočení vlevo směrem na Frýdek-Místek. Rameno C má jeden společný jízdní pruh pro odbočení vpravo směrem ke křižovatce s dálnicí D48 a Třinci i pro průjezd křižovatkou přímo směrem k Českému Těšínu.



Obrázek 6 - Současný stav křižovatky [1]

V současnosti usiluje obecní úřad Horních Tošanovic o umístění vodorovného dopravního značení „Dej přednost v jízdě!“ na vedlejší komunikaci, tedy na rameno C směrem od Frýdku-Místku.

Křižovatka by se dala za jistých okolností považovat za průsečnou, ale severozápadní nezaznačené rameno jsem posoudil jako samostatný sjezd a křižovatku tak označil jako stykovou. I dopravní průzkum prokázal, že má tento sjezd jen velmi malý dopravní význam. Za stykovou považují tuto křižovatku i státní orgány a leccos naznačuje i vodorovné dopravní značení, které vůbec nepočítá s odbočením na severozápadní nezaznačené rameno.

Komunikace, které tvoří řešenou křižovatku:

- **Silnice I/68**

- silnice I. třídy spojující Horní Tošanovice, Hnojník a Třinec - Nebory,
- regionálně významná komunikace, která poskytuje napojení na nadřazenou dopravní síť, a sice dálnici D48 a silnici I/11,
- šířkové uspořádání silnice I/68 odpovídá dvoupruhové směrově nerozdělené komunikaci,
- délka komunikace je 8,42 km.

- **Silnice II/648**

- silnice II. třídy, která je vedena v původní trase silnice I/48, jejíž trasa byla přeložena do nové polohy pod označením D48,
- komunikace regionálního významu, která umožňuje napojení na nadřazenou dopravní síť (dálnice D48),
- tvoří trasu Frýdek-Místek – Horní Tošanovice – Třanovice – Český Těšín,
- je vedena částečně zastavěnou částí obce, a tak umožňuje i přímou dopravní obsluhu přilehlé zástavby,
- průtah zastavěným územím obce lze charakterizovat jako sběrnou komunikaci funkční skupiny B,
- šířkové uspořádání odpovídá dvoupruhové směrově nerozdělené komunikaci.

Pohledy z jednotlivých ramen křižovatky:

**Rameno A** – Viz obrázek 4

- příjezd od Českého Těšína,
- hlavní komunikace,
- svislé dopravní značení: P2 „Hlavní pozemní komunikace“ a dodatková tabulka E2b „Tvar křižovatky“,
- kategorie silnice S 7,5/50; šířka jízdního pruhu je 3 m,
- maximální povolená rychlost 50 km/h.



Obrázek 7 - Pohled na křižovatku ze směru od Českého Těšína [7]

**Rameno B** – Viz obrázek 8

- příjezd od dálnice D48, resp. Třince,
- hlavní komunikace,
- svislé dopravní značení: P2 „Hlavní pozemní komunikace“ a dodatková tabulka E2b „Tvar křižovatky“,
- kategorie silnice S 7,5/50; šířka jízdního pruhu komunikace je 3 m,
- před křižovatkou se uskutečňuje rozšíření na dva řadící pruhy:
  - řadící pruh pro odbočení vpravo má šířku 4,5 m,
  - řadící pruh pro odbočení vlevo má šířku 3,5 m,
- maximální povolená rychlost 50 km/h.





Obrázek 8 - Pohled na křižovatku ze směru od křižovatky s D48, resp. od Třince [7]

### **Rameno C – Viz obrázek 9**

- příjezd od Frýdku-Místku, resp. Nošovic,
- vedlejší komunikace,
- svislé dopravní značení: P4 „Dej přednost v jízdě!“ na reflexním podkladu a  
dodatková tabulka E2b „Tvar křižovatky“,
- kategorie silnice S 7,5/50; šířka jízdního pruhu je 3 m,
- maximální povolená rychlost 50 km/h.



Obrázek 9 - Pohled na křižovatku ze směru od F-M, Nošovic [1]

## 2.4 Problematika současného uspořádání křižovatky

V minulosti se úřady již mnohokrát snažily najít řešení, ani jedno z nich však podle mého názoru nebylo ideální, včetně toho nynějšího. Hlavní komunikace je nyní zalomená, což na této křižovatce způsobuje potíže, problémem je především nedostatečné zaústění vedlejší komunikace a nevhodné vodorovné dopravní značení. Nové křižovatky se zalomenou hlavní komunikací se dnes již nenavrhují a ty, které již existují, se rekonstruuují. Z hlediska bezpečnosti provozu jsou nepříznivé.

Konkrétně se jedná o nevhodně umístěné dopravní stíny, které řidiči často nerespektují a ohrožují tak bezpečnost silničního provozu. Problémy také způsobuje malý poloměr oblouku  $R=15$  m, při odbočení z ramena C do ramena B, tedy z Frýdku-Místku směrem ke křižovatce s dálnicí D48. Nákladní automobily, nákladní soupravy a autobusy jsou nuceny najíždět do protisměru, což opět velmi výrazně zvyšuje riziko vzniku dopravní nehody.

To, že je hlavní komunikace mezi rameny A a B, je sice logické z důvodu napojení na křižovatku s dálnicí D48, ale při návrhu nebyla dostatečně zohledněna přítomnost průmyslové zóny v Nošovicích. Pracuje zde více než 10 000 zaměstnanců a mnoho z nich velmi často využívá řešenou křižovatku silnic I/68 a II/648. Vyskytují se zde ovšem jako podřazené dopravní proudy II., resp. III. stupně.

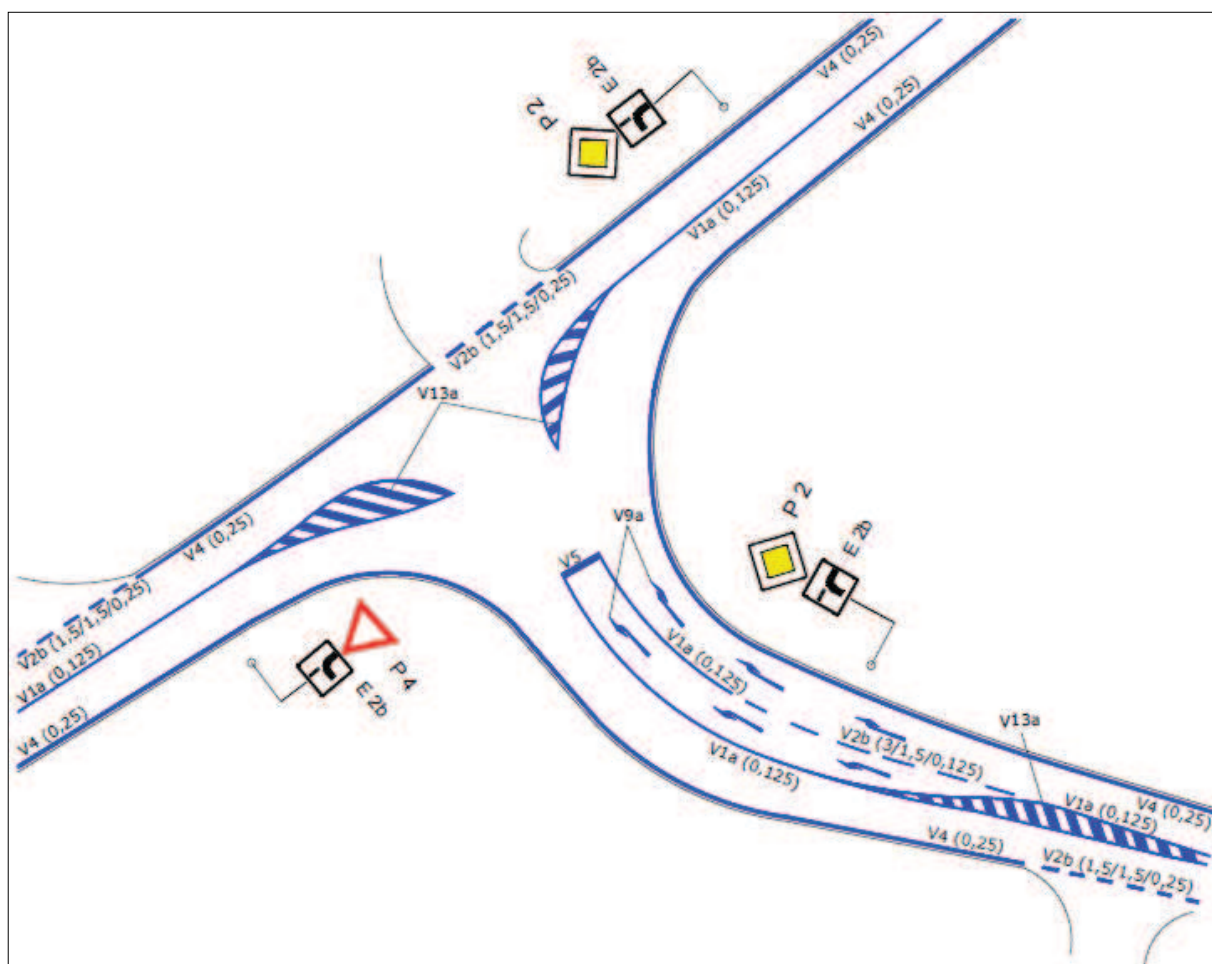
## 2.5 Dopravní značení

Dopravní značení současného stavu křižovatky je ve výborném stavu. Jak svislé, tak i vodorovné dopravní značení je velmi dobře viditelné. Stávající svislé dopravní značení je v souladu s *TP 65 - Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích* [9].

Podél hlavních pozemních komunikací jsou osazeny svislé dopravní značky P2 „Hlavní pozemní komunikace“ a dodatkové tabulky E2b „Tvar křižovatky“. Na vedlejší pozemní komunikaci je umístěna dopravní značka P4 „Dej přednost v jízdě!“ na reflexním podkladu a dodatková tabulka E2b „Tvar křižovatky“.

Vodorovné dopravní značení tvoří vodící proužky, které se skládají z V4 „Vodící čára“ a V2b (1,5/1,5) „Podélná čára přerušovaná“ o šířce 0,25 m. Řadící pruhy na jihovýchodním rameni jsou označeny vodorovným dopravním značením V9a „Směrové šipky“ a mezi nimi je umístěna V2b (3/1,5) „Podélná čára přerušovaná“ o šířce 0,125 m. Řadící pruh pro odbočení vlevo je ukončen vodorovným dopravním značením V5 „Příčná čára souvislá“. Jednotlivé dopravní proudy odděluje vodorovné dopravní značení V1a „Podélná čára souvislá“ a usměrňuje je vodorovné značení V13a „Šikmé rovnoběžné čáry“.

Jak svislé, tak vodorovné dopravní značení je zaznamenáno na obrázku 10.



Obrázek 10 - Dopravní značení současného stavu křižovatky



### 3. Dopravní nehodovost na křižovatce

Dopravní nehodovost na křižovatce byla zjištěna z internetového serveru [www.jdvm.cz](http://www.jdvm.cz), což je geografický informační systém, který vznikl spoluprací Ministerstva dopravy a Centra dopravního výzkumu a poskytuje mj. statistiku nehod v mapě. GPS souřadnice, které jsou přiřazeny k jednotlivým dopravním nehodám, se mohou odchýlit. Proto jsem tedy sledoval a analyzoval nehody, které se udály v okruhu 100 metrů od křižovatky. Mapa dopravních nehod je znázorněna na obrázku 11.



Obrázek 11 - Dopravní nehodovost na křižovatce [2]

Server [www.jdvm.cz](http://www.jdvm.cz) poskytuje o dopravních nehodách řadu detailních informací, každá z nehod má své vlastní číslo a zprostředkovává nám údaje o lokalizaci dopravní nehody, druh a číslo pozemní komunikace, datum, příčiny vzniku dopravní nehody, charakteristiky zranění osob, vozidla, viníka nehody a následků nehody na vozidle. Udává nám také charakteristiku druhu a podmínek nehody jako jsou směrové a rozhledové poměry, povětrnostní podmínky, viditelnost, stav povrchu vozovky apod.

Vyhodnocením detailních popisů všech nehod, které se na řešené křižovatce a jejím okolí staly, jsem zjistil, že se zde v letech 2007 - 2015 odehrálo celkem 5 dopravních nehod. Hned čtyřikrát došlo ke srážce s jedoucím nekolejovým vozidlem a jednou ke srážce s pevnou překážkou.

Co se týče příčiny vzniku dopravní nehody, ve třech případech způsobilo dopravní nehodu nerespektování dopravní značky P4 „Dej přednost v jízdě!“, v jednom případě nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky a jednu z dopravních nehod zavinilo také nesprávné otáčení nebo couvání.

Ani v jednom případě nebyl zjištěn u viníka nehody vliv alkoholu. Došlo ke škodám v řádech desítek až stovek tisíc Kč a jedna z nehod způsobila 3 lidem lehká zranění. Otázkou ovšem zůstává, kolik nehod bez větších hmotných škod a bez zranění se na dané křižovatce stalo, ale nebylo nahlášeno Policii ČR.

## 4. Dopravně - inženýrský průzkum

Součástí bakalářské práce je i dopravní průzkum, který byl prováděn ručně do předem připraveného formuláře v běžný pracovní den, konkrétně ve středu 23. 9. 2015. Měření probíhalo od 6:00 do 8:00 a od 14:00 do 16:00, tedy v období předpokládaných špičkových hodin. V ranní špičce se vyskytuje větší množství přepravovaných osob, které se dopravují do zaměstnání či do škol. Zatímco v odpoledních špičkových hodinách míří větší množství přepravovaných osob naopak ze zaměstnání a ze škol. Důležitým faktorem jsou také zaměstnanci z průmyslové zóny v Nošovicích pracující na třísměnný provoz. Pro lepší přehlednost bylo sčítání dopravy prováděno v patnáctiminutových intervalech.

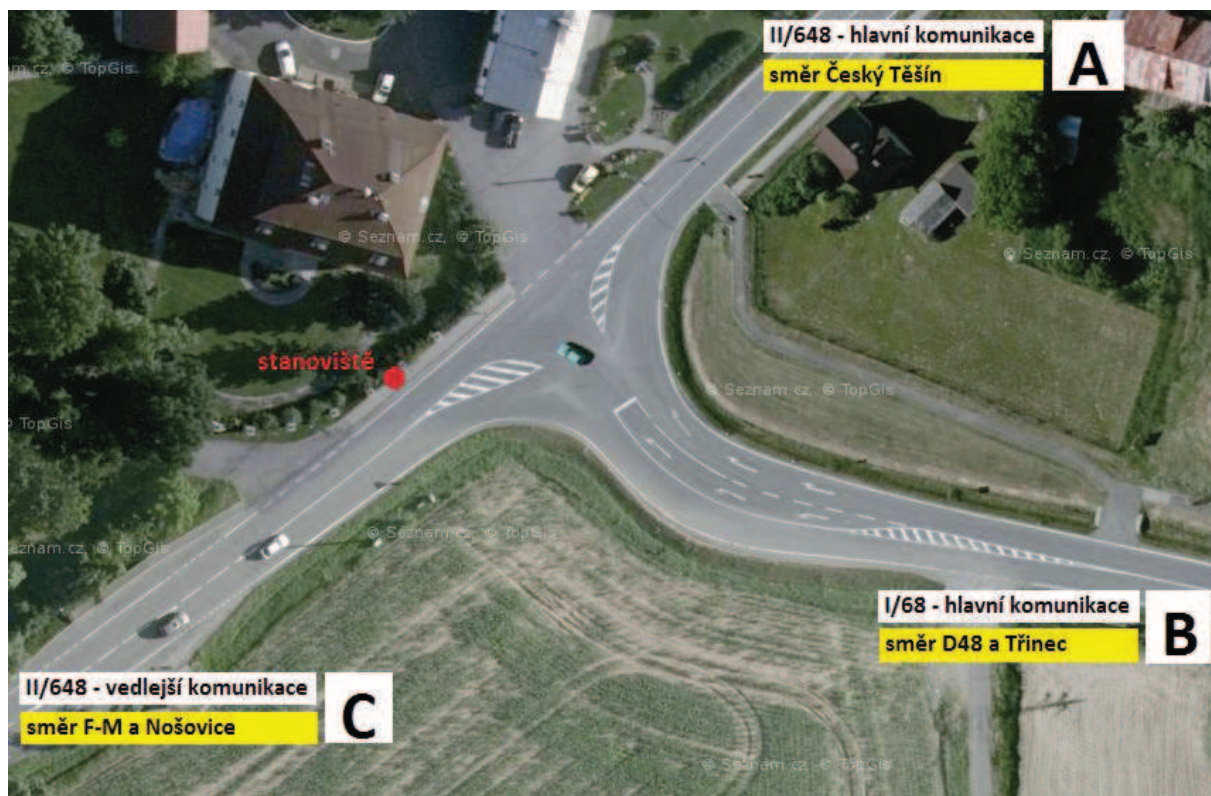
Dopravně – inženýrský průzkum byl zahájen nejprve pořízením videozáznamu ze stanoviště, které je zaznačeno na obrázku 12. Práce na dopravním průzkumu pokračovaly jeho vyhodnocením, rozdělením motorových vozidel do pěti kategorií a rozlišením jednotlivých dopravních proudů. V době měření bylo jasno a teplota se pohybovala kolem 11°C, povětrnostní podmínky tedy nijak neovlivnily výsledky dopravního průzkumu. Měření probíhalo podle pravidel stanovených v *TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích* [4].

### 4.1 Označení ramen

Pro přehlednost byla označena jednotlivá ramena křižovatky. Označení ramen včetně širších dopravních vztahů a pozice stanoviště, odkud probíhalo měření, jsou zaznamenány na obrázku 12.

Ramena křižovatky silnic I/68 a II/648:

- Rameno A – hlavní komunikace, silnice II/648, směr Český Těšín
- Rameno B – hlavní komunikace, silnice I/68, směr křižovatka s dálnicí D48, Třinec
- Rameno C – vedlejší komunikace, silnice II/648, směr Nošovice, Frýdek-Místek



Obrázek 12 - Označení ramen křižovatky a pozice stanoviště [1]

## 4.2 Sčítání dopravy

Sčítání dopravy ukázalo, že během 4 hodin, kdy byl dopravní průzkum prováděn, projelo křižovatkou celkem 1763 motorových vozidel. Nejvyšší intenzity byly naměřeny v období odpolední špičky. Nejvyšší intenzita vozidel byla na dopravních proudech vycházejících z ramena C, tedy ze směru Frýdek-Místek a Nošovice. Přímý průjezd křižovatkou směrem na Český Těšín provedlo 432 řidičů, dalších 341 odbočilo z ramena C do ramena B směrem ke křižovatce s dálnicí D48 a Třinec. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Za dobu průzkumu byla nejintenzivnější doprava na rameni C, jeho příčným řezem projelo celkem 1322 vozidel. Příčný řez ramena A protálo 1134 vozidel a nejméně vozidel projelo příčným řezem ramena B, a sice 1070.

Čtvrthodinové intenzity na křižovatce včetně skladeb jednotlivých dopravních proudů se nachází v příloze P.1.

Tabulka 1 - Sčítání dopravy [voz/h]

Od	Do	A→B	A→C	B→A	B→C	C→A	C→B	Všechny směry
6:00	6:15	14	10	6	8	20	15	73
6:15	6:30	11	18	5	9	69	27	139
6:30	6:45	18	23	9	15	16	13	94
6:45	7:00	16	19	10	17	12	9	83
7:00	7:15	15	11	14	18	17	15	90
7:15	7:30	16	15	13	19	12	20	95
7:30	7:45	20	14	12	25	20	19	110
7:45	8:00	20	14	6	22	10	23	95
14:00	14:15	13	16	21	29	19	32	130
14:15	14:30	10	18	15	28	75	37	183
14:30	14:45	14	20	16	21	39	21	131
14:45	15:00	11	13	15	12	28	34	113
15:00	15:15	16	20	15	20	22	23	116
15:15	15:30	16	13	14	15	27	20	105
15:30	15:45	20	16	16	13	24	14	103
15:45	16:00	8	21	16	17	22	19	103
<b>Celkem (4 hodiny)</b>		<b>238</b>	<b>261</b>	<b>203</b>	<b>288</b>	<b>432</b>	<b>341</b>	<b>1763</b>
		<b>499</b>		<b>491</b>		<b>773</b>		

Co se týče skladby dopravních proudů, nejfrekventovanějšími dopravními prostředky byly podle očekávání osobní automobily, kterých křižovatkou projelo celkem 1544. Druhými nejčastěji se vyskytujícími dopravními prostředky na křižovatce byly nákladní automobily, kterých se zde během 4 hodin objevilo 120. Menší zastoupení měly na křižovatce nákladní soupravy, autobusy a motocykly, kterých zde dohromady projelo 99. Podrobný přehled je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2 - Skladba dopravních proudů [voz/h]

Druh vozidla	A→B	A→C	B→A	B→C	C→A	C→B	Všechny směry
M - Motocykly	1	8	3	4	3	4	23
O - Osobní automobily	215	222	178	238	401	290	1544
N - Nákladní automobily	11	25	11	27	19	27	120
A - Autobusy	1	3	0	8	7	8	27
K - Nákladní soupravy	10	3	11	11	2	12	49

### 4.3 Určení špičkové hodiny

K dalšímu postupu bylo nutné určit špičkovou hodinu, resp. hodnotu nejvyšší hodinové intenzity dopravy na křižovatce. Protože jsem měření intenzit dopravy prováděl po čtvrt hodinových intervalech, sečetl jsem si vždy čtyři tyto po sobě jdoucí intervaly a ty mi dohromady ukázaly intenzitu hodinovou. Výsledkem tohoto procesu bylo zjištění, že špičková hodina na křižovatce proběhla od 14:00 do 15:00, v tento časový úsek jí projelo 557 vozidel. Hodnoty jednotlivých hodinových intenzit jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 - Určení špičkové hodiny

Čas		Suma [voz/h]
Od	Do	
6:00	7:00	389
6:15	7:15	406
6:30	7:30	362
6:45	7:45	378
7:00	8:00	390
14:00	15:00	557
14:15	15:15	543
14:30	15:30	465
14:45	15:45	437
15:00	16:00	427

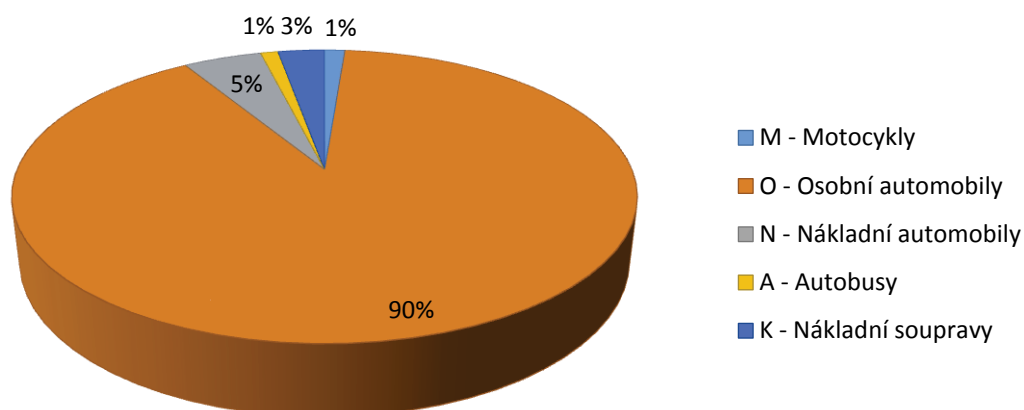
Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině se příliš neliší od skladby za dobu celého dopravního průzkumu. Nejčastějším dopravním prostředkem je podle předpokladů osobní automobil s 90% zastoupením. Následují nákladní automobily s 27 vozidly a nákladní soupravy s 16 vozidly. Křižovatkou ve špičkové hodině projelo také 7 motorek a 6 autobusů. Podrobnosti viz tabulka 4 a obrázek 13.

Tabulka 4 – Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině [voz/h]

Druh vozidla	A→B	A→C	B→A	B→C	C→A	C→B	Všechny směry
M - Motocykly	0	2	0	3	1	1	7
O - Osobní automobily	41	57	62	80	152	109	501
N - Nákladní automobily	2	5	2	5	5	8	27
A - Autobusy	1	1	0	1	2	1	6
K - Nákladní soupravy	4	2	3	1	1	5	16
S - Součet všech vozidel	48	67	67	90	161	124	557



## Složení dopravních proudů ve špičkové hodině



Obrázek 13 - Graf složení dopravních proudů ve špičkové hodině

### 4.4 Přepočtená vozidla

Při sledování intenzity dopravy byla vozidla rozdělena do pěti kategorií [4], viz tabulka 5.

M – motocykly, jednostopá motorová vozidla bez přívěsů i s přívěsy,

O – osobní automobily – bez přívěsů i s přívěsy, dodávkové automobily,

A – autobusy – vozidla určená pro přepravu osob a jejich zavazadel, která mají více než 9 míst,

N – nákladní automobily – lehké, střední a těžké nákladní automobily, traktory, speciální nákladní automobily,

K – nákladní soupravy – přívěsové a návěsové soupravy nákladních vozidel.

Tabulka 5 - Doporučené přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu [3]

Typ křižovatky	Jízdní kola	Motocykly	Osobní vozidla <sup>a)</sup>	Nákladní vozidla, autobusy <sup>b)</sup>	Nákladní soupravy, kloubové autobusy
Průměrné a stykové	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
<sup>a)</sup> Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti					
<sup>b)</sup> Nákladní vozidla nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladních souprav a autobusy mimo kloubové autobusy					

Pro účely kapacitního výpočtu bylo provedeno přenásobení skladby dopravních proudů ve špičkové hodině koeficienty z tabulky 5. Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině v jednotkách pvoz/h je uvedena v tabulce 6.

**Tabulka 6 – Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině [pvoz/h]**

<b>Druh vozidla</b>	<b>A→B</b>	<b>A→C</b>	<b>B→A</b>	<b>B→C</b>	<b>C→A</b>	<b>C→B</b>	<b>Všechny směry</b>
M - Motocykly	0	1,6	0	2,4	0,8	0,8	<b>5,6</b>
O - Osobní automobily	41	57	62	80	152	109	<b>501</b>
N - Nákladní automobily	3	7,5	3	7,5	7,5	12	<b>40,5</b>
A - Autobusy	1,5	1,5	0	1,5	3	1,5	<b>9</b>
K - Nákladní soupravy	8	4	6	2	2	10	<b>32</b>
S - Součet všech vozidel	<b>53,5</b>	<b>71,6</b>	<b>71</b>	<b>93,4</b>	<b>165,3</b>	<b>133,3</b>	<b>588,1</b>
S - (zaokrouhleno)	<b>54</b>	<b>72</b>	<b>71</b>	<b>93</b>	<b>165</b>	<b>133</b>	<b>588</b>

Výsledky přepočtení vozidel ukazují, že v případě řešené křižovatky silnic I/68 a II/648 mají intenzity dopravy v jednotkách pvoz/h vyšší hodnoty než intenzity dopravy vyjádřené ve voz/h. Ve špičkové hodině projelo křižovatkou celkem 588 přepočtených vozidel.



## **5. Videoanalýza konfliktních situací**

Součástí dopravě – inženýrského průzkumu bylo také pořízení videozáznamu, ze kterého jsem mohl vyhodnotit výskyt konfliktních situací a chování účastníků silniční dopravy na řešené křižovatce. Videozáznam probíhal stejně jako dopravní průzkum v období předpokládaných ranních špičkových hodin od 6:00 do 8:00 a v období předpokládaných odpoledních špičkových hodin od 14:00 do 16:00.

### **5.1 Popis metody**

Začátky této metody se datují až do roku 1974, kdy byla poprvé použita v Praze v rámci vývoje metody záznamu a analýzy konfliktních situací v dopravě pro výzkum bezpečnosti dopravy na silniční a městské komunikační síti. Metody se velmi dobře osvědčila, používá se dodnes a pomáhá zvyšovat bezpečnost dopravy. Autory této metody byli Doc. Ing. Jan Folprecht, CSc. a Ing. Věnceslav Nývlt. [10]

Metoda udává také technické vybavení, které by se mělo skládat z videokamery se širokoúhlým objektivem, přesnou časovou značkou a stativem. V mém případě jsem videozáznam pořizoval pomocí mobilního telefonu. Metoda také naznačuje, že pozorovací místo by mělo být co nejvýše, např. okno, balkon apod. Já jsem tuto možnost neměl, a tak byl záznam pořízen z výšky asi 2 metrů.

### **5.2 Konfliktní situace**

Konfliktní situace je okamžik v silničním provozu, kdy vznikne, nebo může vzniknout pro některé jeho účastníky větší než obvyklá míra nebezpečí. Každé nehodě tedy předchází konfliktní situace.

Klasifikace podle závažnosti konfliktních situací [10]:

**1. stupeň**

- potenciální konfliktní situace (bez reakce), dochází k porušování dopravních předpisů osamoceným účastníkem dopravy, akce bez možných následků,

**2. stupeň**

- konfliktní situace (bez násilné reakce), dochází k narušení plynulosti provozu s možnými následky, dochází např. k váhání či agresivitě,

**3. stupeň**

- konfliktní situace (ostrá reakce), jen úhybná akce, jako např. prudké brzdění nebo náhlé vybočení zamezí střetu,

**4. stupeň**

- situace, kdy dojde k dopravní nehodě.

### 5.3 Výsledky videoanalýzy konfliktních situací

Ze 4 hodiny dlouhého videozáznamu jsem zaznamenal celkem 53 konfliktních situací, kdy účastníci provozu nerespektovali dopravní předpisy. Detailní schéma konfliktních situací je na obrázku 14.

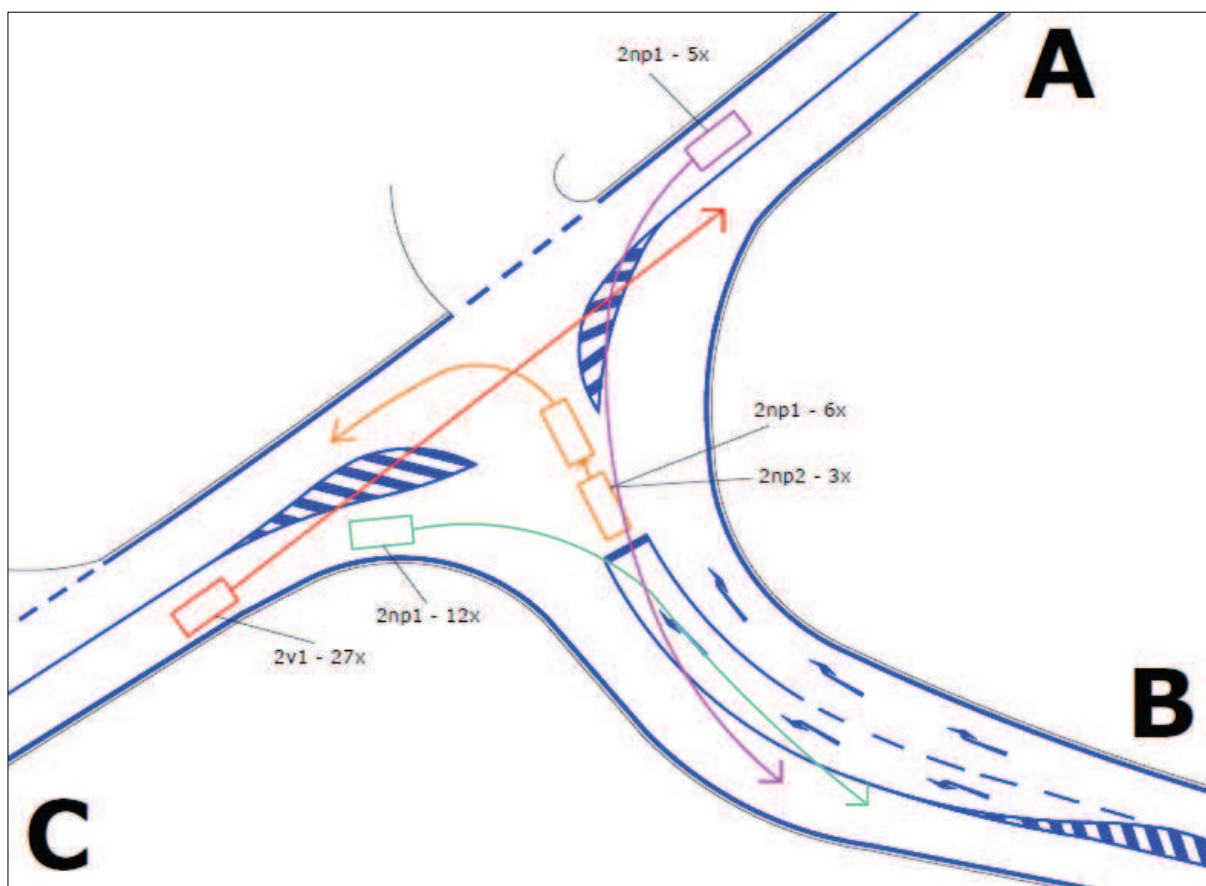
Rozdělení konfliktních situací:

**26x najetí do protisměru**

- z toho 3x 2. stupeň závažnosti,
- z toho 23x 1. stupeň závažnosti.

**27x řidiči vozidel nerespektovali vodorovné značení** a projeli přes dopravní stín, s 1. stupněm závažnosti.

Pro popsání konfliktní situace se používají primárně 3 znaky. Prvním znakem je číslo, které označuje účastníka nebo účastníky. Druhým znakem je písmeno (i více písmen), které označuje viníka vzniku konfliktní situace. Poslední znak je označen číslem 1-4 a udává závažnost konfliktní situace.



Obrázek 14 - Schéma konfliktních situací

Legenda konfliktních situací:

2.....	automobil
...np...	najetí do protisměru
....v....	zavinilo vozidlo
.....1	1. stupeň závažnosti konfliktní situace
.....2	2. stupeň závažnosti konfliktní situace

#### Komentář k obrázku 10 – Schéma konfliktních situací:

Červenou barvou jsou označena vozidla, která jedou přímým směrem z ramena C do ramena B a nerespektují vodorovné dopravní značení V13a „Šikmé čáry rovnoběžné“. Fialovou barvou jsou zaznačena vozidla, která odbočují z ramena A do ramena B a při tomto manévru najíždějí do protisměru. Zelenou barvu mají vozidla, která odbočují z ramena C do ramena B a najíždějí do protisměru. Oranžovou barvu mají vozidla, která chtějí odbočit z ramena B do ramena C, ale nerespektují vodorovné značení V5 „Příčná čára souvislá“ a najíždějí tak do prostoru křižovatky. Ve 3 případech nastal 2. stupeň závažnosti.

## 6. Posouzení kapacity neřízené křižovatky – současný stav

Pro výpočet kapacity neřízené křižovatky se v současnosti používají technické podmínky *TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek* [3]. Metodika platí jak pro stykové, tak pro průsečné křižovatky, na kterých je přednost upravena svislými dopravními značkami. Tyto technické podmínky ovšem nepočítají se stanovením kapacity neřízené křižovatky se zalomenou hlavní pozemní komunikací. Musel jsem si tedy některé vzorce mírně upravit tak, aby byly respektovány přednosti v jízdě na řešené křižovatce. Metodika udává i systém číslování dopravních proudů, ty jsou očíslovány v pořadí od západního ramena proti směru hodinových ručiček.

### 6.1 Stupně podřazenosti dopravních proudů

Stupně podřazenosti dopravních proudů na řešené křižovatce určuje svislé dopravní značení. Jelikož se jedná o stykovou křižovatku, vyskytuje se zde celkem 6 dopravních proudů, a sice č. 2, 3, 4, 6, 7 a 8.

#### Dopravní proudy 1. stupně:

Nacházejí se zde ty proudy, které mají přednost před všemi ostatními a vozidla jedoucí v těchto směrech mohou křižovatkou plynule projet bez zdržení. V případě řešené křižovatky jsou to dopravní proudy č. 6, 7 a 8.

#### Dopravní proudy 2. stupně

Dopravní proudy 2. stupně jsou ty proudy, které dávají přednost dopravním proudům 1. stupně, jsou jim tedy podřazeny. Dopravními proudy 2. stupně na řešené křižovatce jsou dopravní proudy č. 3 a 4.

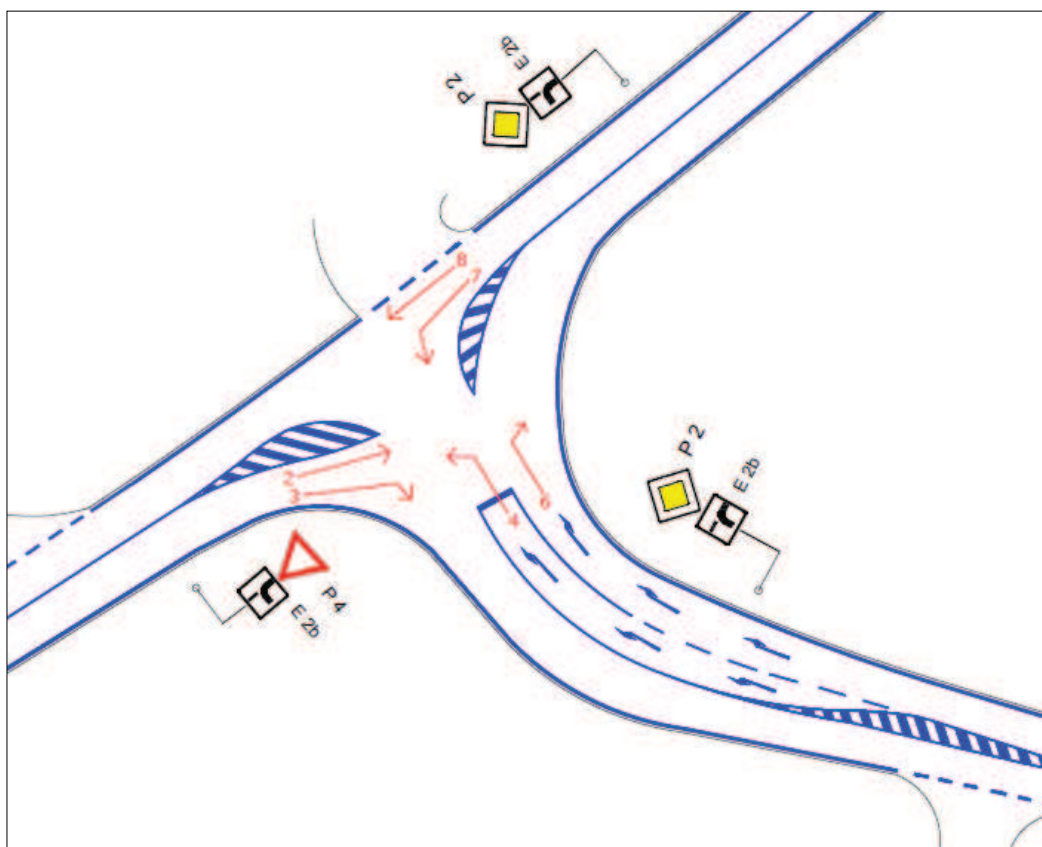
#### Dopravní proudy 3. stupně

Vozidla dopravního proudu 3. stupně musejí dávat přednost jak dopravním proudům 1. stupně, tak i dopravním proudům 2. stupně. V případě této křižovatky je zde zařazen pouze dopravní proud č. 2.

V tabulce 7 jsou přiřazeny stupně podřazenosti jednotlivým dopravním proudům. Na obrázku 20 jsou dopravní proudy graficky znázorněny.

**Tabulka 7 - Stupně podřazenosti dopravních proudů**

Dopravní proud	
Stupeň	Číslo
I.	6, 7, 8
II.	3, 4
III.	2



**Obrázek 15 - Označení dopravních proudů**

## 6.2 Intenzity dopravních proudů

Intenzity jednotlivých dopravních proudů byly určeny z dopravního průzkumu, konkrétně se jedná o intenzity ve špičkové hodině, která proběhla od 14:00 do 15:00.

$$I_2 = 161 \text{ voz/h}$$

$$I_3 = 124 \text{ voz/h}$$

$$I_4 = 90 \text{ voz/h}$$

$$I_6 = 67 \text{ voz/h}$$

$$I_7 = 48 \text{ voz/h}$$

$$I_8 = 67 \text{ voz/h}$$

### 6.3 Rozhodující intenzity

Rozhodující intenzita nadřazených dopravních proudů je základní veličinou při výpočtu kapacity vedlejších dopravních proudů. Podle technických podmínek *TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek* [3] by použití přepočtených vozidel nadřazených proudů vedlo k nepřesným výpočtům a s ohledem na přesnost a jednoduchost metodiky je skladba nadřazených proudů zanedbávána. Do výpočtu tak vstupují hodnoty ve skutečných vozidlech.

Jelikož *TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek* [3] nezahrnuje řešení křižovatek se zalomenou hlavní pozemní komunikací, použil jsem analogicky vzorce z tabulky 7: *Součet intenzity nadřazených dopravních proudů na stykové křižovatce z TP 188* [3]. Levé odbočení z hlavní jsem přiřadil dopravnímu proudu č. 4. Právě odbočení z vedlejší jsem přiřadil dopravnímu proudu č. 3 a levé odbočení z vedlejší bylo přiřazeno dopravnímu proudu č. 2 (i když je to v mém případě přímý průjezd z vedlejší na hlavní).

#### Dopravní proudy 1. stupně:

Rozhodující intenzity u proudů 1. stupně neposuzujeme, protože mají na křižovatce vždy přednost.

#### Dopravní proudy 2. stupně:

$$I_{H3} = I_7 + 0,5 \cdot I_8 = 48 + 0,5 \cdot 67 = \mathbf{81,5 \text{ voz/h}}$$

$$I_{H4} = I_7 + I_8 = 48 + 67 = \mathbf{115 \text{ voz/h}}$$

#### Dopravní proud 3. stupně:

$$I_{H2} = I_7 + I_6 + I_4 + 0,5 \cdot I_8 = 48 + 67 + 90 + 0,5 \cdot 67 = \mathbf{238,5 \text{ voz/h}}$$

### 6.4 Kritický časový odstup

Střední hodnoty kritického časového odstupe jsou stanoveny podle rychlosti jízdy na hlavní pozemní komunikaci, což je v mém případě 50 km/h, a podle druhu dopravního proudu. Hodnoty potřebné pro výpočet jsem zjistil z tabulky 8. Levé odbočení z hlavní jsem přiřadil dopravnímu proudu č. 4. Právě odbočení z vedlejší jsem přiřadil dopravnímu proudu č. 3 a přímý průjezd z vedlejší byl přiřazen dopravnímu proudu č. 2.

**Tabulka 8 - Střední hodnoty kritických odstupů  $t_g$  [3]**

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	Funkce $t_g$ v závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci $v_{85\%}$ [km/h] – $v$ [s]
Levé odbočení z hlavní	4	$t_g = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%}$
Pravé odbočení z vedlejší	3	$t_g = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%}$
Přímý průjezd z vedlejší	2	$t_g = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%}$
Levé odbočení z vedlejší	-	$t_g = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%}$

Výsledky kritických časových odstupů jednotlivých dopravních proudů:

$$t_{g2} = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%} = 4,4 + 0,036 \cdot 50 = \mathbf{6,2 \text{ s}}$$

$$t_{g3} = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%} = 2,8 + 0,038 \cdot 50 = \mathbf{4,7 \text{ s}}$$

$$t_{g4} = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%} = 3,4 + 0,021 \cdot 50 = \mathbf{4,5 \text{ s}}$$

## 6.5 Následný časový odstup

Střední hodnota následných časových odstupů  $t_f$  je potřebná pro výpočet kapacity vedlejších dopravních proudů. Střední hodnoty následného časového odstupu jsou stanoveny podle úpravy přednosti v jízdě a druhu dopravního proudu. V případě řešené křižovatky je na vedlejší pozemní komunikaci umístěna značka P4 „Dej přednost v jízdě!“. Pro výpočet byly použity hodnoty z tabulky 9. Levé odbočení z hlavní jsem přiřadil dopravnímu proudu č. 4. Pravé odbočení z vedlejší jsem přiřadil dopravnímu proudu č. 3 a přímý průjezd z vedlejší byl přiřazen proudu č. 2.

**Tabulka 9 - Návrh středních hodnot následného časového odstupu  $t_f$  [3]**

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	$t_f$ [s]	
		P4	P6
Levé odbočení z hlavní	4	2,6	
Pravé odbočení z vedlejší	3	3,1	3,7
Přímý průjezd z vedlejší	2	3,3	3,9
Levé odbočení z vedlejší	-	3,5	4,1

Výsledky následných časových odstupů jednotlivých dopravních proudů:

$$t_{f2} = \mathbf{3,3 \text{ s}}$$

$$t_{f3} = \mathbf{3,1 \text{ s}}$$

$$t_{f4} = \mathbf{2,6 \text{ s}}$$

## 6.6 Základní kapacita

Základní kapacita udává maximální počet vozidel z podřazeného proudu, která mohou křižovatkou projet v časové mezeře mezi vozidly nadřazených proudů. Základní kapacita se tedy v případě řešené křižovatky vypočítává jen pro dopravní proudy 2. a 3. stupně. Pro dopravní proudy 1. stupně je dána hodnota 1800 pvoz/h, tedy kapacita volně se pohybujících dopravních proudů.

Pro stanovení základní kapacity lze použít vztah:

$$G = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_H}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)} \quad (1)$$

kde:

- $G_n$  základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h],
- $I_H$  rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h],
- $t_g$  kritický časový odstup [s],
- $t_f$  následný časový odstup [s].

Výsledky základních kapacit jednotlivých dopravních proudů:

$$G_2 = \frac{3600}{3,3} \cdot e^{-\frac{258,5}{3600} \cdot \left(6,2 - \frac{3,3}{2}\right)} = 807 \text{ pvoz/h} \quad G_6 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_3 = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-\frac{81,5}{3600} \cdot \left(4,7 - \frac{3,1}{2}\right)} = 1081 \text{ pvoz/h} \quad G_7 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_4 = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{115}{3600} \cdot \left(4,45 - \frac{2,6}{2}\right)} = 1252 \text{ pvoz/h} \quad G_8 = 1800 \text{ pvoz/h}$$



## 6.7 Kapacita

Kapacita dopravních proudů 1. stupně se všeobecně udává hodnotou 1800 pvoz/h, protože tyto dopravní proudy mají na křižovatce vždy přednost. Kapacita dopravních proudů 1. i 2. stupně se rovná základní kapacitě  $G_n$ , je dána vztahem:

$$C_n = G_n \quad (2)$$

kde

- $n$  dopravní proudy 3, 4 [-],
- $C_n$  kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h],
- $G_n$  základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h].

U kapacity dopravních proudů 3. stupně je nutné zohlednit pravděpodobnost nevzdutí rozhodujících nadřazených dopravních proudů, ta totiž snižuje jejich základní kapacitu  $G_n$ .

Pravděpodobnost nevzdutí nadřazených proudů lze vypočítat ze vztahu:

$$p_{0,n} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - a_v = 1 - \frac{I_n}{C_n} \\ 0 \end{array} \right\} \quad (3)$$

kde:

- $n$  dopravní proud 2 [-],
- $a_v$  stupeň vytížení pro n-tý proud [-],
- $I_n$  intenzita dopravy dopravního proudu n [pvoz/h],
- $C_n$  kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h].

V případě řešené křižovatky se vypočítá pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu druhého stupně č. 4:

$$p_{0,4} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - a_v = 1 - \frac{I_n}{C_n} \\ 0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{I_4}{C_4} \\ 0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{93}{1252} \\ 0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,926 \\ 0 \end{array} \right\} = 0,926$$

Pro zjištění kapacity  $C_2$  dopravního proudu třetího stupně se násobí základní kapacita  $G_2$  hodnotou pravděpodobnosti  $p_{0,4}$ , vyjadřující nevzdutí nadřazeného proudu druhého stupně pro odbočení vlevo č. 4, podle vztahu:

$$C_2 = G_2 \cdot p_{0,4} \quad (4)$$

kde:

- $C_2$  kapacita jízdního pruhu proudu 2 [pvoz/h],
- $p_{0,4}$  pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu 4 [-] vypočtená podle vztahu (3),
- $G_2$  základní kapacita jízdního pruhu proudu 2 [pvoz/h].

Výsledky kapacit jednotlivých dopravních proudů:

$$C_2 = G_2 \cdot p_{0,4} = 807 \cdot 0,926 = \mathbf{747 \text{ pvoz/h}}$$

$$C_3 = G_3 = \mathbf{1081 \text{ pvoz/h}}$$

$$C_4 = G_4 = \mathbf{1252 \text{ pvoz/h}}$$

$$C_6 = G_6 = \mathbf{1800 \text{ pvoz/h}}$$

$$C_7 = G_7 = \mathbf{1800 \text{ pvoz/h}}$$

$$C_8 = G_8 = \mathbf{1800 \text{ pvoz/h}}$$

## 6.8 Rezerva kapacity

Rezerva kapacity je důležitým ukazatelem při určování střední doby zdržení, resp. úrovně kvality dopravy. Rezerva kapacity křižovatky se stanovuje dvěma způsoby. Výsledkem první metody je rezerva vyjádřená v jednotkách pvoz/h, výsledkem druhé metody je rezerva vyjádřená v procentech.

Pro vyjádření Rezervy kapacity v pvoz/h lze použít vzorec:

$$Rez = C_n - I_n \quad (5)$$

kde:

$Rez$  rezerva kapacity [pvoz/h],  
 $C_n$  kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h],  
 $I_n$  intenzita dopravního proudu n [pvoz/h].

Pro vyjádření Rezervy kapacity v procentech lze použít vzorec:

$$Rez = \left(1 - \frac{I_n}{C_n}\right) \cdot 100 \quad (6)$$

kde:

$Rez$  rezerva kapacity [%],  
 $C_n$  kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h],  
 $I_n$  intenzita dopravního proudu n [pvoz/h].

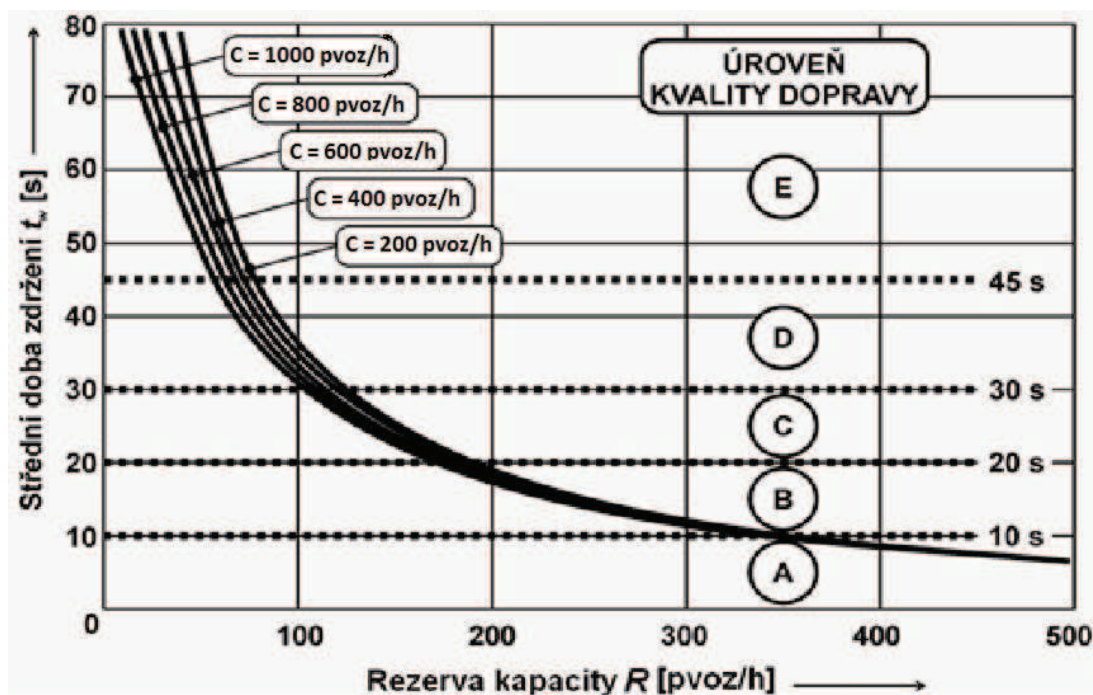
Výsledky rezervy kapacity pro jednotlivé dopravní proudy:

$Rez_2 = 747 - 165 = \mathbf{582 \text{ pvoz/h}}$	$Rez_2 = \left(1 - \frac{165}{747}\right) \cdot 100 = \mathbf{77,9 \%}$
$Rez_3 = 1081 - 133 = \mathbf{948 \text{ pvoz/h}}$	$Rez_3 = \left(1 - \frac{133}{1081}\right) \cdot 100 = \mathbf{87,7 \%}$
$Rez_4 = 1252 - 93 = \mathbf{1159 \text{ pvoz/h}}$	$Rez_4 = \left(1 - \frac{93}{1252}\right) \cdot 100 = \mathbf{92,6 \%}$
$Rez_6 = 1800 - 71 = \mathbf{1729 \text{ pvoz/h}}$	$Rez_6 = \left(1 - \frac{71}{1800}\right) \cdot 100 = \mathbf{96,1 \%}$
$Rez_7 = 1800 - 54 = \mathbf{1746 \text{ pvoz/h}}$	$Rez_7 = \left(1 - \frac{54}{1800}\right) \cdot 100 = \mathbf{97,0 \%}$
$Rez_8 = 1800 - 72 = \mathbf{1728 \text{ pvoz/h}}$	$Rez_8 = \left(1 - \frac{72}{1800}\right) \cdot 100 = \mathbf{96,0 \%}$

Nejmenší rezerva kapacity se vyskytuje na dopravním proudu 3. stupně č. 2. Tato rezerva činí 582 pvoz/h, procentuálně vyjádřeno je to 77,9%, takže co se týče kapacity, je na tom řešená křižovatka velmi dobře.

## 6.9 Střední doba zdržení a úroveň kvality dopravy

Střední doba zdržení závisí na rezervě kapacity jízdního pruhu a jeho kapacitě. Její hodnotu jsem určil z obrázku 16.



Obrázek 16 - Graf vztahu střední doby zdržení ke kapacitě a její rezervě [3 – upraveno]

Jelikož má řešená křižovatka nejnižší rezervu vyšší než 500 pvoz/h, je střední doba zdržení  $t_w$  všech dopravních proudů méně než 7 sekund a úroveň kvality dopravy A.

Výsledky střední doby zdržení dopravních proudů:

$$t_{w2} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w6} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w3} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w7} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w4} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w8} = < 7 \text{ s}$$

Hodnoty úrovně kvality dopravy:

$$\text{ÚKD}_2 = \text{A}$$

$$\text{ÚKD}_6 = \text{A}$$

$$\text{ÚKD}_3 = \text{A}$$

$$\text{ÚKD}_7 = \text{A}$$

$$\text{ÚKD}_4 = \text{A}$$

$$\text{ÚKD}_8 = \text{A}$$

## 6.10 Stanovení délky fronty

Délka fronty na vjezdech do neřízené křižovatky se navrhuje na 95% pravděpodobnost uvažované délky fronty. To znamená, že v 95 % času špičkové hodiny je fronta kratší než udává hodnota  $N95\%$ . Ve zbývajících 5 % času se připouští výskyt fronty vozidel delší. Délka fronty se určí z obrázku 17.

Stupeň vytížení je dán vztahem:

$$a_v = \frac{I_n}{C_n} \quad (7)$$

kde:

- $a_v$       stupeň vytížení [-],  
 $I_n$       návrhová intenzita dopravního proudu  $n$  [pvoz/h],  
 $C_n$       kapacita jízdního pruhu  $n$ -tého proudu [pvoz/h].

Hodnoty stupně vytížení dopravních proudů:

$$a_{v2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{165}{747} = \mathbf{0,22}$$

$$a_{v3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{133}{1081} = \mathbf{0,12}$$

$$a_{v4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{93}{1252} = \mathbf{0,07}$$

$$a_{v6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{71}{1800} = \mathbf{0,04}$$

$$a_{v7} = \frac{I_7}{C_7} = \frac{54}{1800} = \mathbf{0,03}$$

$$a_{v8} = \frac{I_8}{C_8} = \frac{72}{1800} = \mathbf{0,04}$$

Délka fronty  $N_{95\%}$  je dána vztahem:

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_n \cdot \left( a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right) \quad (8)$$

kde

$N_{95\%}$  délka fronty [m],

$a_v$  stupeň vytížení [-],

$C_n$  kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h].

Délka fronty na vjezdech se dá zjistit také z grafu, viz obrázek 17. V případě řešené křižovatky byla použita metoda početní. Výsledky ukazují, že délka fronty na řešení křižovatce nepřesáhne 6 metrů.

Hodnoty délky fronty na vjezdech:

$$N_{95\%,2} = 5,1 \text{ m}$$

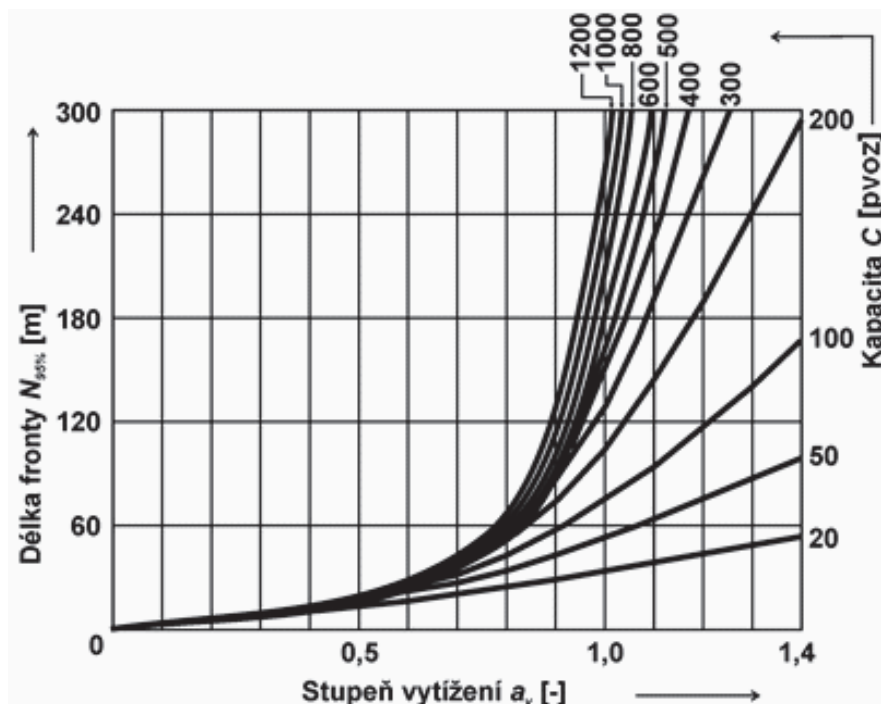
$$N_{95\%,3} = 2,5 \text{ m}$$

$$N_{95\%,4} = 1,4 \text{ m}$$

$$N_{95\%,6} < 1,0 \text{ m}$$

$$N_{95\%,7} < 1,0 \text{ m}$$

$$N_{95\%,8} < 1,0 \text{ m}$$



Obrázek 17 - Délka fronty  $N_{95\%}$  na vjezdech do neřízené křižovatky v závislosti na stupni vytížení  $a_v$  [3], (úprava: doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.)

V tabulce 10 jsou přehledně uvedeny výsledky kapacitního výpočtu stykové křižovatky v současném stavebním uspořádání pro rok 2015.

**Tabulka 10 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu pro současné uspořádání, rok 2015**

d.p.	I [voz/h]	I [pvoz/h]	I <sub>H</sub> [pvoz/h]	t <sub>g</sub> [s]	t <sub>f</sub> [s]	G <sub>n</sub> [pvoz/h]	C <sub>n</sub> [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	Rez [%]	ÚKD
2	161	165	238,5	6,2	3,3	807	747	582	77,9	A
3	124	133	115	4,7	3,1	1081	1081	948	87,7	A
4	90	93	81,5	4,5	2,6	1252	1252	1159	92,6	A
6	67	71	-	-	-	1800	1800	1729	96,1	A
7	48	54	-	-	-	1800	1800	1746	97,0	A
8	67	72	-	-	-	1800	1800	1728	96,0	A
<b>Suma</b>	<b>557</b>	<b>588</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>A</b>

Výsledky kapacitního výpočtu stykové křižovatky jsou velmi dobré. Jak bylo již zmíněno, na křižovatce se v minulosti vyskytovaly mnohem větší intenzity dopravy, a tak je na tom současné stavební uspořádání, co se týče kapacity výborně. Úroveň kvality dopravy je na všech dopravních proudech A a rezerva se pohybuje od 77,9 % do 96 %.



## 7. Prognóza intenzit

Pro posouzení kapacity neřízené křižovatky bylo nutné provést prognózu intenzity dopravy na výhledové období. Jako výhledový rok jsem si vybral rok 2035, tedy období 20 let po provedení dopravního průzkumu. Při výpočtu prognózy intenzit automobilové dopravy bylo postupováno podle technických podmínek *TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy*. [5]. Prognózu intenzit automobilové dopravy jsem provedl pomocí metody jednotného součinitele růstu. Ta vychází z předpokladu stejného růstu intenzit dopravy na komunikacích stejného typu. Výhledová intenzita je odvozena z intenzity výchozí na dané komunikaci a z koeficientu prognózy intenzit dopravy.

Pro potřeby výpočtu byla vozidla rozdělena na lehká a těžká podle tabulky 11.

**Tabulka 11 - Základní skupiny vozidel pro prognózu intenzit dopravy [5]**

Základní skupina vozidel	Druh vozidla
L – lehká	M – motocykly, O – osobní automobily
T – těžká	N – nákladní automobily, A – autobusy, K – nákladní soupravy

Metodika používá různé hodnoty koeficientu vývoje intenzit pro různé typy komunikací. Bylo tedy třeba vybrat typ komunikace z tabulky 12.

**Tabulka 12 - Typy komunikací pro prognózu intenzit dopravy [5]**

Typ komunikace	Kategorie a třída pozemní komunikace
D	dálnice, rychlostní silnice
I	silnice I. třídy (mimo rychlostních)
II + III	silnice II. a III. třídy

V případě řešené křižovatky jsem vybral typ komunikace II + III, i když se jedná o křižovatku silnice II. třídy se silnicí I. třídy. Silnice I/68 ale v místě křižovatky končí a už nedisponuje tak velkou intenzitou dopravy jako před křižovatkou s dálnicí D48. Prognózu dopravy jsem vypočítal pro celou křižovatku, nikoli pro jednotlivá ramena zvlášť, protože intenzity dopravy jsou na obou pozemích komunikacích velmi podobné.

Z tabulky 13 byl vybrán koeficient vývoje dopravy pro výchozí rok pro skupinu LV,  $k_{0,LV} = 1,09$ . Z téže tabulky byl také vybrán koeficient pro výhledový rok pro skupinu LV,  $k_{v,LV} = 1,54$ .

**Tabulka 13 - Koeficienty vývoje intenzit dopravy pro skupinu lehkých vozidel - LV [5 - upraveno]**

Rok	Typ komunikace
	II + III
2015	1,09
2035	1,54

Z tabulky 14 byl vybrán koeficient vývoje dopravy pro výchozí rok pro skupinu TV,  $k_{0,TV} = 1,01$ . Z téže tabulky byl také vybrán koeficient pro výhledový rok pro skupinu TV,  $k_{v,TV} = 1,05$ .

**Tabulka 14 - Koeficienty vývoje intenzit dopravy pro skupinu těžkých vozidel – TV [5 - upraveno]**

Rok	Typ komunikace
	II + III
2015	1,01
2035	1,05

Pro určení výhledové intenzity dopravy pro danou skupinu vozidel lze použít vztah:

$$I_{vi} = I_{0i} \cdot k_{pi} \quad (9)$$

kde:

- $I_{vi}$  výhledová intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [voz/h],
- $I_{0i}$  výchozí intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [voz/h],
- $k_{pi}$  koeficient prognózy intenzit dopravy pro danou skupinu vozidel [-].

Koeficient prognózy intenzit dopravy pro jednotlivé skupiny vozidel lze určit podle vztahu:

$$k_{pi} = \frac{k_{vi}}{k_{0i}} \quad (10)$$

kde:

- $k_{vi}$  koeficient vývoje dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu vozidel [-],
- $k_{0i}$  koeficient vývoje dopravy pro výchozí rok a pro danou skupinu vozidel [-],
- $k_{pi}$  koeficient prognózy intenzit dopravy pro danou skupinu vozidel [-].

Výchozí intenzita dopravy vzešla ze špičkové hodiny, viz tabulka 4 – Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině [voz/h]. V tabulce 15 je uveden obsahově závazný výstup prognózy intenzit dopravy. Jedná se o protokol, který nám mj. udává podrobný přehled o tom, kolik je lehkých a těžkých vozidel. Ukazuje také, jaké koeficienty byly použity jak pro rok 2015, tak pro rok 2035.

**Tabulka 15 - Výpočet výhledových intenzit pro rok 2035 [5]**

Místo (úsek):		Horní Tošanovice	Posuzovaný profil:	Křižovatka I/68 a II/648		
Číslo komunikace:		II/648	Typ komunikace:	II + III		
1	Výchozí rok			2015		
2	Výhledový rok			2035		
				skupina vozidel		
				LV	TV	SV
3	Výchozí intenzita dopravy		$L_0$ [voz/h]	508	49	<b>557</b>
4	Koeficient vývoje intenzit dopravy pro výchozí rok		$k_0$ [-]	1,09	1,01	-
5	Koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok		$k_v$ [-]	1,54	1,05	-
6	Koeficient prognózy intenzit dopravy		$k_p$ [-]	1,41	1,04	-
7	Výhledová intenzita dopravy		$L_v$ [voz/h]	718	51	<b>769</b>

Výsledkem prognózy dopravy bylo rozdělení výhledové intenzity dopravy do jednotlivých dopravních proudů, viz tabulka 16. Celkový počet vozidel na křižovatce vzroste za 20 let přibližně o 212.

**Tabulka 16 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině ve výhledový rok 2035 [voz/h]**

Druh vozidla	A→B	A→C	B→A	B→C	C→A	C→B	Všechny směry
M - Motocykly	0	3	0	4	2	1	<b>10</b>
O - Osobní automobily	59	80	89	116	213	151	<b>708</b>
N - Nákladní automobily	2	5	2	6	5	8	<b>28</b>
A - Autobusy	1	1	0	1	2	1	<b>6</b>
K - Nákladní soupravy	4	2	3	1	1	6	<b>17</b>
S - Součet všech vozidel	<b>67</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>124</b>	<b>223</b>	<b>171</b>	<b>769</b>

## 8. Posouzení kapacity neřízené křižovatky – výhledový stav

Pro posouzení kapacity neřízené křižovatky v roce 2035 jsem použil stejnou metodu jako v kapitole 6. Posouzení kapacity neřízené křižovatky – současný stav. Řídil jsem se tedy opět technickými podmínkami *TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek* [3]. Podrobný postup výpočtů se nachází v příloze P.2.

Výsledky kapacitního výpočtu stykové křižovatky v současném stavebním uspořádání pro rok 2035 se nachází v tabulce 17.

Tabulka 17 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu současného uspořádání, rok 2035

d.p.	I [voz/h]	I [pvoz/h]	I <sub>H</sub> [pvoz/h]	t <sub>g</sub> [s]	t <sub>f</sub> [s]	G <sub>n</sub> [pvoz/h]	C <sub>n</sub> [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	Rez [%]	ÚKD
2	223	227	329	6,2	3,3	720	641	414	64,6	A
3	171	177	113	4,7	3,1	1052	1052	875	83,2	A
4	124	132	159	4,5	2,6	1205	1205	1073	89,0	A
6	92	98	-	-	-	1800	1800	1702	94,6	A
7	67	72	-	-	-	1800	1800	1728	96,0	A
8	92	95	-	-	-	1800	1800	1705	94,7	A
<b>Suma</b>	<b>769</b>	<b>801</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>A</b>

Výsledky kapacitního výpočtu stykové křižovatky pro výhledový rok 2035 jsou stejně jako pro rok 2015 velmi dobré. Jak bylo již zmíněno, na křižovatce se v minulosti vyskytovaly mnohem větší intenzity dopravy, a tak je na tom současné stavební uspořádání, co se týče kapacity výborně i pro výhledový rok 2035. Úroveň kvality dopravy je na všech dopravních proudech A a rezerva se pohybuje od 64,6 % do 94,7 %.

## 9. Návrhy úprav křižovatky

Jelikož je řešená neřízená styková křižovatka v současném stavebním uspořádání nevhodná a ohrožuje tak bezpečnost silničního provozu, byly navrženy dvě varianty řešení. První variantou je změna přednosti a lehké stavební práce. Druhým navrhovaným řešením je vybudování okružní křižovatky.

### 9.1 Varianta A – změna přednosti na stykové křižovatce

#### 9.1.1 Popis návrhu

Při návrhu varianty A jsem se řídil pravidly ČSN 73 6102: *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích* [11], ČSN 73 6101: *Projektování silnic a dálnic* [12] a ČSN 73 6110: *Projektování místních komunikací* [13]. Viz výkres č. 2.

Základem varianty A je zrušení zalomené přednosti, hlavní komunikace se tak stala přímou z důvodu převládajících intenzit a přehlednosti. Hlavní komunikací se stala silnice II/648, tedy spojnice mezi rameny A a C, vedlejší komunikace je v této variantě silnice I/68, tedy rameno B. Došlo také k mírnému zvětšení poloměrů oblouků mezi rameny A a B a mezi rameny B a C z 15 na 20 metrů, což bude mít za následek komfortnější průjezd právě mezi zmíněnými rameny především pro nákladní automobily, autobusy a nákladní soupravy. Pro zvýšení bezpečnosti na křižovatce je na vedlejší komunikaci umístěn dělicí ostrůvek, konkrétně se jedná o kapkovitý ostrůvek typu A. V návrhu varianty A byl také zachován samostatný sjezd (neoznačené severozápadní rameno). Průjezdnost navržené křižovatky byla ověřena vozidlem NS s návrhovou rychlostí 10 km/h, viz výkres č. 5.

#### Vodorovné dopravní značení

Při návrhu vodorovného dopravního značení jsem čerpal z *TP 133 Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích* [13]. Viz výkres č. 3.

Na hlavní komunikaci je umístěno vodorovné dopravní značení V18 „optická psychologická brzda“ na obou směrech vždy v prostoru před hranicí křižovatky. Toto vodorovné dopravní značení na celou šířku jízdního pruhu by mělo napomáhat ke snížení rychlosti na hlavní pozemní komunikaci. Kapkovitý ostrůvek typu A doplňuje vodorovné dopravní značení V13a

„Šikmé čáry vodorovné“ a V4 „Vodící čára“ o šířce 0,25 m. Vodící proužky na křižovatce jsou zaznačeny na šířku 0,25 m a tvoří je V4 „Vodící čára“, v prostoru křižovatky V2b (1,5/1,5) „Podélná čára přerušovaná“. Vedení jízdních proudů na hlavní PK je v prostoru křižovatky prováděno pomocí vodorovného dopravního značení V2b (3/1,5/0,125) „Podélná čára přerušovaná“. Oddělení protisměrných dopravních proudů mimo křižovatku je zhotoveno pomocí vodorovného dopravního značení V1a „Podélná čára souvislá“.

### Svislé dopravní značení

Při návrhu svislého dopravního značení jsem čerpal z *TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích* [9]. Viz výkres č. 2.

V návrhu varianty A se nachází 5 svislých značek. 2x je zde zastoupena dopravní značka P2 „Hlavní pozemní komunikace“ umístěná na obou směrech silnice II/648 vždy před křižovatkou. A na vedlejší pozemní komunikaci, tedy silnici I/68 se před prostorem křižovatky nachází svislé dopravní značení P4 „Dej přednost v jízdě!“. Na fyzický kapkovitý ostrůvek upozorňuje a dopravní proudy usměrňuje svislá dopravní značka C4a „Příkazaný směr objíždění vpravo, která se nachází na obou koncích fyzického ostrůvku.

### Přehled svislého dopravního značení

V současném stavu křižovatky se nachází:

3x	E2b „Tvar křižovatky“	- zrušeno,
2x	P2 „Hlavní pozemní komunikace“	- přemístěno,
1x	P4 „Dej přednost v jízdě!“	- přemístěno.

V novém stavu varianty A se nachází:

2x	P2 „Hlavní pozemní komunikace“,
2x	C4a „Příkazaný směr objíždění vpravo,
1x	P4 „Dej přednost v jízdě!“.



### 9.1.2 Kapacitní výpočet

Kapacitní výpočet varianty A jsem provedl podle *TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek* [3]. V tabulce 18 se nachází souhrn výsledků kapacitního výpočtu varianty A pro rok 2035. Podrobný postup výpočtů se nachází v příloze P.3.

Tabulka 18 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu varianty A - změna přednosti pro rok 2035

d.p.	I [voz/h]	I [pvoz/h]	I <sub>H</sub> [pvoz/h]	t <sub>g</sub> [s]	t <sub>f</sub> [s]	G <sub>n</sub> [pvoz/h]	C <sub>n</sub> [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	Rez [%]	ÚKD
2	223	227	-	-	-	1800	1800	1573	87,4	A
3	171	177	-	-	-	1800	1800	1623	90,2	A
4	124	132	467,5	6,3	3,5	570	537	405	75,4	A
6	92	98	308,5	4,7	3,1	887	887	789	89,0	A
7	67	72	394	4,5	2,6	944	944	872	92,4	A
8	92	95	-	-	-	1800	1800	1905	94,7	A
Suma	769	801	-	-	-	-	-	-	-	A

## 9.2 Varianta B – okružní křižovatka

### 9.2.1 Popis návrhu

Při návrhu okružní křižovatky jsem postupoval dle *ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích* [11] a *TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích*. [15]. Viz výkres č. 6.

Navržená okružní křižovatka je tříramenná se stykovým napojením všech ramen. Má celkový průměr 24 m a její středový ostrov, který je vegetačně upraven, má průměr 6 m. Navržen byl jeden jízdní pás na okruhu, na vjezdu i na výjezdu. Jízdní pás na okruhu má šířku 6,5 m a je doplněn prstencem (zpevněná část vnějšího okraje středového ostrova) o šířce 2 m, který může být v ojedinělých případech pojížděn, zejména rozměrnými vozidly (autobus, nákladní souprava, nadměrné přepravy apod.).

Výjezdy, jimiž vozidla vyjíždějí z okružního jízdního pásu, mají šířky pruhu 4,25 m, tak aby byl zajištěn průjezd i rozměrnějších vozidel. Vjezdy, jimiž vozidla na okružní pás vjíždí, mají na rameni B a C šířku jízdního pruhu 4 m. Na rameni A je tato šířka 3,5 m z důvodu kolmějšího zaústění především proto, aby na okružní křižovatku nevjížděla vozidla ve vysoké

rychlosti. Pro nadměrnější vozidla je nároží mezi vjezdem z ramena A do okružní křižovatky opatřeno zpevněnou srpovitou krajnicí, což je zpevněný okraj vozovky na pravé straně připojovacího oblouku vjezdu a okružního jízdního pásu a má půdorys ve tvaru srpů. Slouží pro ojedinelý pojezd vozidly s větším poloměrem zatáčení a má odlišnou povrchovou úpravu.

Poloměry vjezdu jsou na všech větvích okružní křižovatky 15 m, zatímco poloměry všech výjezdů mají hodnotu 25 m. Mezi protisměrnými jízdními pruhy byly umístěny dělicí ostrůvky, které slouží jako zpomalovací prvek před vjezdem na okružní křižovatku. Na rameni A a B je ostrůvek fyzický, na rameni C pouze optický, z důvodu potenciálně malé plochy ostrůvku. Průjezdnost navržené křižovatky byla ověřena vozidlem NS s návrhovou rychlostí 10 km/h, viz výkres č. 9.

### **Vodorovné dopravní značení**

Při návrhu vodorovného dopravního značení jsem čerpal z *TP 133 Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích* [13]. Viz výkres č. 7.

Mezi vodorovné dopravní značení spadá V4 „Vodící čára“ o šířce 0,25 m, která slouží jako vodící proužek mimo prostory křižovatky. V křižovatce má úlohu vodícího proužku V2b (1,5/1,5/0,25) „Podélná čára přerušovaná“. Fyzické dělicí ostrůvky na ramenech A a B ohraničuje s odsazením 0,25 m V4 „Vodící čára“ o šířce 0,25 m a doplňuje je vodorovné dopravní značení V13a „Šikmé čáry vodorovné“. Dělicí ostrůvek na rameni C tvoří pouze V4 „Vodící čára“ a V13a „Šikmé čáry vodorovné“. Oddělení protisměrných dopravních proudů mimo křižovatku je zhotoveno pomocí vodorovného dopravního značení V1a „Podélná čára souvislá“.

### **Svislé dopravní značení**

Při návrhu svislého dopravního značení jsem čerpal z *TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích* [9]. Viz výkres č. 7.

Mezi svislé dopravní značení, umístěné ve variantě B se řadí 3 ks P4 „Dej přednost v jízdě!“ umístěné na společném sloupku s C1 „Kruhový objezd“ vždy před vjezdem na okružní křižovatku. Na příjezdu ke křižovatce ze všech ramen je na okraji ostrůvku umístěna dopravní značka C4 „Příkázaný směr objíždění vpravo“.

Přehled svislého dopravního značení

V současném stavu křižovatky se nachází:

3x	E2b „Tvar křižovatky“	- zrušeno,
2x	P2 „Hlavní pozemní komunikace“	- zrušeno,
1x	P4 „Dej přednost v jízdě!“	- přemístěno.

V novém stavu varianty A se nachází:

3x	P4 „Dej přednost v jízdě!“,
3x	C1 „Kruhový objezd“,
3x	C4a „Příkázaný směr objíždění vpravo“.

## 9.2.2 Kapacitní výpočet

Kapacitní výpočet okružní křižovatky byl proveden podle pravidel uvedených v *TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek* [6]. V tabulce 19 se nachází souhrn výsledků kapacitního výpočtu varianty B pro rok 2035. Podrobný postup výpočtů se nachází v příloze P.4.

Tabulka 19 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu varianty B - okružní křižovatka, pro rok 2035

Rameno	d.p.	I [voz/h]	I [pvoz/h]	$\Delta$ [s]	$t_g$ [s]	$t_f$ [s]	$C_i$ [pvoz/h]	$C_e$ [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	Rez [%]	$a_v$ [-]	ÚKD
C	2	223	232	2,1	4,1	2,7	1273	1384	853	85,3	0,17	A
	3	171	188									A
B	4	124	136		4,3		1105		867	78,5	0,19	A
	6	92	102									A
A	7	67	77		4,4		1200		1023	67,0	0,24	A
	8	92	100									A
<b>Celkem</b>		<b>769</b>	<b>835</b>	-	-	-	-	-	-	-		<b>A</b>

### 9.3 Vyhodnocení návrhů

Při porovnávání a hodnocení variant jsem bral v úvahu tato hlediska:

- bezpečnost,
- ekonomika,
- estetika,
- kapacita,
- náročnost výstavby,
- zklidnění dopravy.

Pro určení váhy kritéria jsem použil metodu preferenčního pořadí a poté jsem obě navržené varianty řešení porovnal metodou dílčího ohodnocení. Výsledky porovnání variant se nachází v tabulce 20 a tabulce 21. U metody stanovení preferenčního pořadí bylo určeno pořadí podle významu kritéria, kde první místo má kritérium nejvýznamnější a poslední místo zaujímá kritérium nejméně významné.

Pro výpočet nenormované váhy lze použít vztah [16]:

$$k_i = n + 1 - p_i \quad (11)$$

kde:

- $k_i$  nenormovaná váha kritéria [-]
- $n$  počet kritérií [-]
- $p_i$  pořadí i-tého kritéria v jeho preferenčním uspořádání [-]

Normovaná váha se vypočítá ze vztahu [16]:

$$v_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (12)$$

kde:

- $v_i$  normovaná váha i-tého kritéria [-]
- $k_i$  nenormovaná váha kritéria [-]
- $n$  počet kritérií [-]

**Tabulka 20 - Určení vah kritérií metodou preferenčního pořadí**

Kritérium	Pořadí	$k_i$ [-]	$v_i$ [-]
Bezpečnost	1	6	0,29
Ekonomika	2	5	0,24
Estetika	6	1	0,05
Kapacita	5	2	0,09
Náročnost výstavby	3	4	0,19
Zklidnění dopravy	4	3	0,14
Součet	-	21	1,00

Poté jsem jednotlivým variantám návrhu přiřadil body ke každému kritériu. Použil jsem pětibodovou stupnici, kde je 5 bodů nejlepší a 1 bod nejhorší výsledek kritéria. Podle této stupnice jsem ohodnotil obě varianty řešení, celkově ohodnocení určité varianty jsem vypočítal podle vztahu [16]:

$$H_j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \quad \text{pro } j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

kde:

$H_j$  celkové ohodnocení j-té varianty [-]

$v_i$  normovaná váha i-tého kritéria [-]

$h_i^j$  dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu [-]

**Tabulka 21 - Ohodnocení variant metodou dílčího hodnocení**

Kritérium		Varianta	
Název	$v_i$ [-]	A	B
Bezpečnost	0,29	3	5
Ekonomika	0,24	5	2
Estetika	0,05	3	3
Kapacita	0,09	5	5
Náročnost výstavby	0,19	5	2
Zklidnění dopravy	0,14	3	5
Součet	1,00	<b>4,04</b>	<b>3,61</b>

Nejvíce bodů, tedy nejlepšího výsledku při porovnávání jednotlivých variant dosáhla varianta A - návrh změny přednosti stykové křižovatky.

## 10. PTV VISSIM

Součástí této bakalářské práce je také simulace v programu PTV VISSIM, což je software, který dokáže přesně simulovat jak individuální, tak i veřejnou hromadnou dopravu. PTV VISSIM je schopný modelovat všechny funkční kategorie pozemních komunikací, od účelových komunikací až po dálnice. Software také umožňuje definovat neomezené množství typů vozidel včetně osobních automobilů, nákladních automobilů, autobusů, tramvají či dokonce letadel. Dokáže vytvořit také pohyby cyklistů a chodců.

Simulační modely byly vytvořeny jak pro výchozí rok 2015, tak i pro výhledový rok 2035. V tomto softwaru jsem ověřil plynulost dopravy současného stavu i obou navržených variant, celkem bylo tedy vytvořeno 6 simulací.

Při vytváření vizualizace v programu PTV VISSIM jsem nejprve do plochy vložil mapový podklad a pomocí referenčních bodů určil jeho měřítko. Dále jsem vytvořil jízdní pásy pomocí tzv. linek a konektorů a nadefinoval místa, ze kterých mají vozidla do křižovatky vyjíždět. Následně jsem zadal, kam mají vozidla směřovat. Poté byla také nadefinována skladba dopravních proudů a procentuální zastoupení jednotlivých typů vozidel. Motocyklům, osobním i nákladním automobilům jsem přiřadil rychlost 50 km/h. Posledním nastavením simulace byla definice kolizních ploch, kterou jsem provedl podle dopravního značení. Tímto opatřením tak bylo definováno, který dopravní proud má přednost.

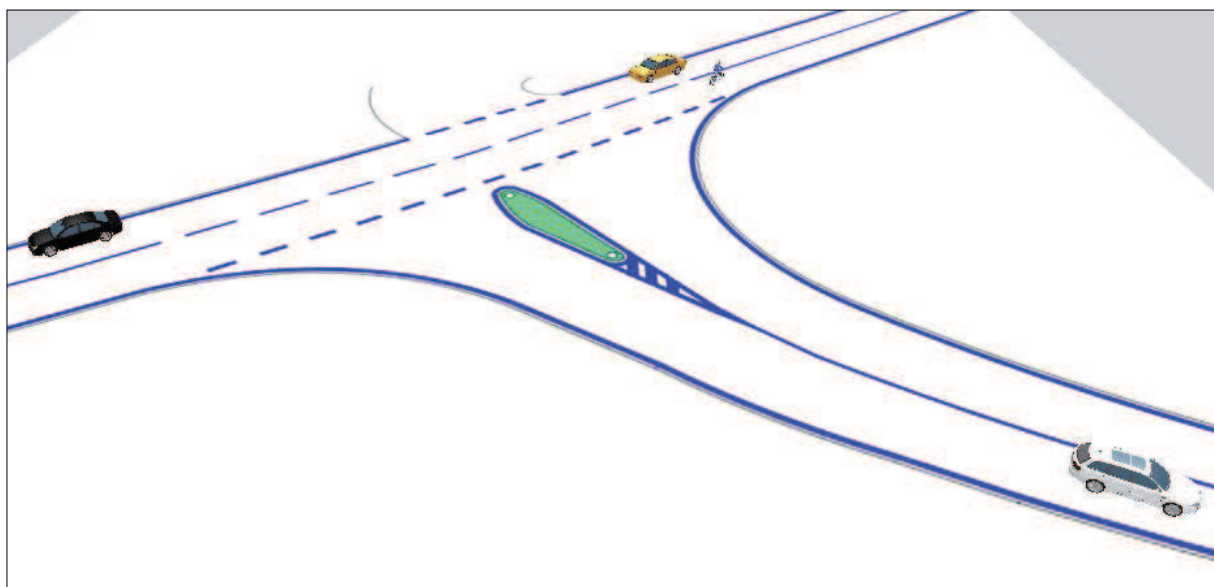
Během simulací nedošlo k žádným problémům, netvořily se kolony a vozidla se tak v prostoru křižovatky pohybovala plynule.

Na Obrázcích 18 - 20 jsou uvedeny příklady 3D vizualizace provozu. Celý výstup z programu PTV VISSIM se nachází na CD přiloženému k této bakalářské práci.

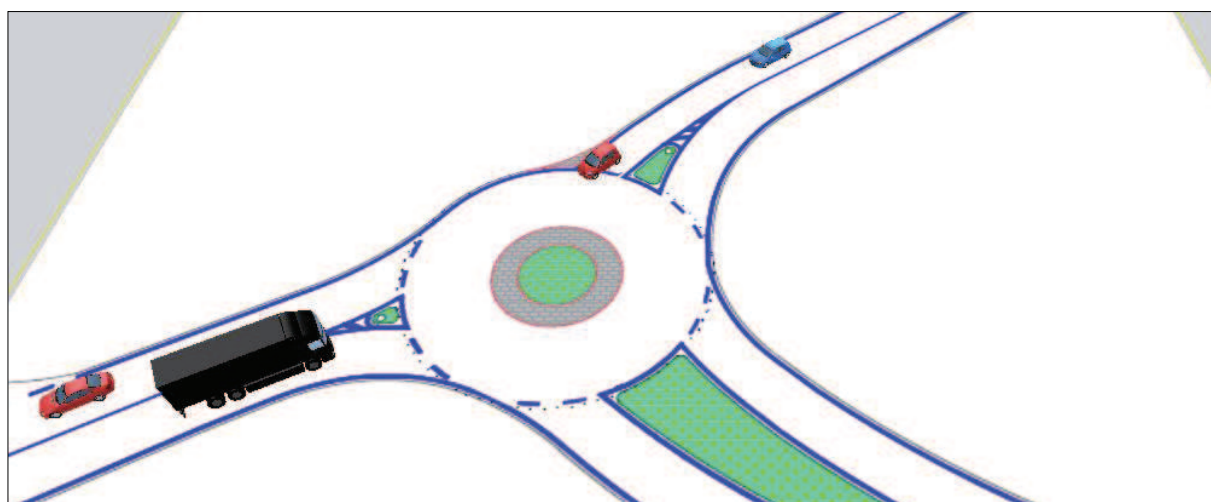




Obrázek 18 - Vizualizace PTV VISSIM, současný stav



Obrázek 19 - Vizualizace PTV VISSIM, varianta A - úprava přednosti



Obrázek 20 - Vizualizace PTV VISSIM, varianta B - okružní křižovatka

## 11. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat a posoudit vhodnost současného uspořádání a navrhnout řešení, která by zvyšovala bezpečnost silničního provozu. V září roku 2015 jsem provedl dopravně – inženýrský průzkum, který byl základem pro další zkoumání poměrů na křižovatce. V rámci šetření bezpečnosti jsem provedl analýzu dopravní nehodovosti a z vlastního videozáznamu, který jsem pořídil během dopravního průzkumu, jsem zaznamenal konfliktní situace.

Výsledkem práce je zjištění, že současné stavební uspořádání je na tom, co se týče kapacity jednotlivých dopravních proudů velice dobře jak pro výchozí rok 2015, tak i pro výhledový rok 2035. Problémy ovšem nastávají v otázce bezpečnosti, počet nehod na křižovatce sice není vysoký, ale vzniká zde velké množství konfliktních situací.

Jedním z cílů této bakalářské práce bylo navrhnout řešení současné problematiky a já jsem se rozhodl navrhnout dvě varianty řešení. Prvním návrhem je varianta A - styková křižovatka, na které je změněna současná přednost. V rámci této varianty řešení došlo ke zrušení problematické zalomené přednosti a hlavní pozemní komunikace se stala přímou. Byla také mírně upravena nároží pro komfortnější průjezd především rozměrnějších motorových vozidel. Na přímé hlavní komunikace bylo pro zklidnění dopravy umístěno vodorovné dopravní značení V18 „Optická psychologická brzda“.

Druhým navrhovaným řešením je varianta B – okružní křižovatka. Tato varianta počítá s vybudováním tříramenné okružní křižovatky o průměru 24 m, která zklidní dopravu. Pro nadměrnější motorová vozidla je okružní vybavena pojížděným prstencem o šířce 2 m a nárožím mezi ramenem A a okružním jízdním pásem, které tvoří zpevněná srpovitá krajnice.

Obě tyto navrhované varianty jsem porovnal z mnoha hledisek a došel k závěru, že jako vhodnější se jeví varianta A, tedy úprava svislého a vodorovného dopravního značení a změna přednosti na současné stykové křižovatce včetně lehkých stavebních úprav.

## 12. Seznam použité literatury

- [1] Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [2] Jednotná dopravní vektorová mapa. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. *Jednotná dopravní vektorová mapa* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.jdvm.cz/>
- [3] BARTOŠ, Luděk. *Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek: TP 188*. 1. vyd. Mariánské Lázně: Pro EDIP vydalo nakl. Koura, 2007. ISBN 978-80-902527-6-9.
- [4] BARTOŠ, Luděk. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích: TP 189*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-06-9.
- [5] BARTOŠ, Luděk, Aleš RICHTR, Jan MARTOLOS a Martin HÁLA. *Prognóza intenzit automobilové dopravy: TP 225*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-07-6.
- [6] BARTOŠ, Luděk. *Posuzování kapacity okružních křižovatek*. 1. vyd. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-02-1.
- [7] Mapy Google. *Mapy Google* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>
- [8] *Počet obyvatel v obcích České republiky k 1. 1. 2015* [online]. Český statistický úřad, 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20556287/1300721503.pdf/33e4d70e-e75f-4596-930c-63406c9068d0?version=1.1>
- [9] *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích: technické podmínky - TP 65 : s účinností od 1.12.2002*. Vyd. 2. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2002. ISBN 80-86502-04-X.

- [10] FOLPRECHT, Jan a Vladislav KŘIVDA. *Organizace a řízení dopravy I.* 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1030-1.
- [11] ČSN 73 6102 *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích ed. 2*; Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [12] ČSN 73 6101: *Projektování silnic a dálnic.* Včetně Změny 1. Praha, 2004.
- [13] PROKEŠ, Stanislav. *Projektování místních komunikací: komentář k ČSN 73 6110 : komentované příklady řešení.* Praha: Český normalizační institut, 2007. Stavebnictví (komunikace, silnice). ISBN 978-80-7283-216-3.
- [14] *Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích: technické podmínky - TP 133 : s účinností od 15.8.2005.* Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2005. ISBN 80-86502-25-2.
- [15] *TP 135: Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích: Technické podmínky.* Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, odbor pozemních komunikací, 2005, 54s.
- [16] OLIVKOVÁ, Ivana, Vladislav KŘIVDA a Michal RICHTÁŘ. *Městská hromadná doprava. Metody stanovení vah kritérií* [online]. 2006 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mhd/kvalita-vahy.htm>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Lokalizace obce .....	4
Obrázek 2 – Širší dopravní vztahy [7] .....	7
Obrázek 3 – Mapa křižovatky z roku 2003 [1] .....	7
Obrázek 4 – Mapa křižovatky z roku 2006 [1] .....	8
Obrázek 5 – Mapa křižovatky z roku 2008 [1] .....	9
Obrázek 6 – Současný stav křižovatky [1] .....	10
Obrázek 7 – Pohled na křižovatku ze směru od Českého Těšína [7] .....	12
Obrázek 8 – Pohled na křižovatku ze směru od křižovatky s D48, resp. od Třince [7]...	13
Obrázek 9 – Pohled na křižovatku ze směru od F-M, Nošovic [1] .....	13
Obrázek 10 – Dopravní značení současného stavu křižovatky .....	15
Obrázek 11 – Dopravní nehodovost na křižovatce [2] .....	16
Obrázek 12 – Označení ramen křižovatky a pozice stanoviště [1] .....	19
Obrázek 13 – Graf složení dopravních proudů ve špičkové hodině .....	22
Obrázek 14 – Schéma konfliktních situací .....	26
Obrázek 15 – Označení dopravních proudů .....	28
Obrázek 16 – Graf vztahu střední doby zdržení ke kapacitě a její rezervě [3 -upraveno]..	35
Obrázek 17 – Délka fronty N95% na vjezdech do neřízené křižovatky v závislosti na stupni vytížení av [3], (úprava: doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.) .....	37
Obrázek 18 – Vizualizace PTV VISSIM, současný stav.....	51
Obrázek 19 – Vizualizace PTV VISSIM, varianta A – úprava přednosti.....	51
Obrázek 20 – Vizualizace PTV VISSIM, varianta B - okružní křižovatka .....	51

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Sčítání dopravy [voz/h] .....	20
Tabulka 2 - Skladba dopravních proudů [voz/h] .....	20
Tabulka 3 - Určení špičkové hodiny .....	21
Tabulka 4 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině [voz/h] .....	21
Tabulka 5 - Doporučené přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu [3] .....	22
Tabulka 6 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině [pvoz/h] .....	23
Tabulka 7 - Stupně podřazenosti dopravních proudů .....	28
Tabulka 8 - Střední hodnoty kritických odstupů tg [3] .....	30
Tabulka 9 - Návrh středních hodnot následného časového odstupu tf [3] .....	30
Tabulka 10 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu pro současné uspořádání, rok 2015 .....	38
Tabulka 11 - Základní skupiny vozidel pro prognózu intenzit dopravy [5] .....	39
Tabulka 12 - Typy komunikací pro prognózu intenzit dopravy [5] .....	39
Tabulka 13 - Koeficienty vývoje intenzit dopravy pro skupinu lehkých vozidel - LV [5 - upraveno] .....	40
Tabulka 14 - Koeficienty vývoje intenzit dopravy pro skupinu těžkých vozidel – TV [5 - upraveno] .....	40
Tabulka 15 - Výpočet výhledových intenzit pro rok 2035 [5] .....	41
Tabulka 16 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině ve výhledový rok 2035 [voz/h].....	41
Tabulka 17 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu současného uspořádání, rok 2035 .....	42
Tabulka 18 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu varianty A - změna přednosti pro rok 2035 .....	45
Tabulka 19 - Souhrn výsledků kapacitního výpočtu varianty B - okružní křižovatka, pro rok 2035 .....	47
Tabulka 20 - Určení vah kritérií metodou preferenčního pořadí .....	49
Tabulka 21 - Ohodnocení variant metodou dílčího hodnocení .....	49



## **Seznam příloh**

P.1 - Podrobné výsledky sčítání dopravy

P.2 - Kapacitní posouzení současného stavu pro rok 2035

P.3 - Kapacitní posouzení varianty A - upravené přednosti na stykové křižovatce pro rok 2035

P.4 - Kapacitní posouzení varianty B - okružní křižovatky pro rok 2035

## **Seznam výkresů**

Výkres č. 1 - Současný stav

Výkres č. 2 - Varianta A – Stavební uspořádání

Výkres č. 3 - Varianta A – Dopravní značení

Výkres č. 4 - Varianta A – Rozhledy

Výkres č. 5 - Varianta A – Vlečné křivky

Výkres č. 6 - Varianta B – Stavební uspořádání

Výkres č. 7 - Varianta B – Dopravní značení

Výkres č. 8 - Varianta B – Rozhledy

Výkres č. 9 - Varianta B – Vlečné křivky

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladislavovi Křivdovi, Ph.D. a Ing. Janu Petrů, Ph.D za odborné rady, věcné připomínky, ochotu a vstřícný přístup během zpracování této práce. Mé poděkování náleží samozřejmě také celé mé rodině, spolužákům a kamarádům za podporu, trpělivost a povzbuzování po dobu mého studia.

# Přílohy a výkresová část

## P.1 - Podrobné výsledky sčítání dopravy:

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
6:00	6:15	M				1			1
		O	9	20	5	10	13	5	62
		N			2	3	1	1	7
		A	1			1			2
		NS			1				1
		Suma	10	20	8	15	14	6	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
6:15	6:30	M	1						1
		O	16	69	8	27	11	4	135
		N			1				1
		A							0
		NS	1					1	2
		Suma	18	69	9	27	11	5	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
6:30	6:45	M	1						1
		O	19	13	13	12	18	8	83
		N	3	1	1	1			6
		A		2	1				3
		NS						1	1
		Suma	23	16	15	13	18	9	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
6:45	7:00	M							0
		O	17	11	15	8	14	10	75
		N	2	1	1		2		6
		A			1	1			2
		NS							0
		Suma	19	12	17	9	16	10	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
7:00	7:15	M						1	1
		O	10	14	14	12	14	11	75
		N		2	3	2	1	1	9
		A	1	1	1				3
		NS				1		1	2
		Suma	11	17	18	15	15	14	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
7:15	7:30	M							0
		O	13	7	13	18	14	11	76
		N	2	4	4	2	2	2	16
		A		1	2				3
		NS							0
		Suma	15	12	19	20	16	13	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
7:30	7:45	M							0
		O	9	18	19	15	17	11	89
		N	5	2	1	2	1	1	12
		A			1	1			2
		NS			4	1	2		7
		Suma	14	20	25	19	20	12	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
7:45	8:00	M							0
		O	11	7	18	14	16	6	72
		N	3	2	1	5	1		12
		A				1			1
		NS		1	3	3	3		10
		Suma	14	10	22	23	20	6	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
14:00	14:15	M			1				1
		O	14	17	25	28	11	18	113
		N	1	2	2	2	1	2	10
		A							0
		NS	1		1	2	1	1	6
		Suma	16	19	29	32	13	21	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
14:15	14:30	M	2		1	1			4
		O	14	72	25	34	7	14	166
		N	2	2	1	2	1		8
		A			1				1
		NS		1			2	1	4
		Suma	18	75	28	37	10	15	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
14:30	14:45	M		1	1				2
		O	17	37	19	15	13	15	116
		N	1		1	4			6
		A	1	1					2
		NS	1			2	1	1	5
		Suma	20	39	21	21	14	16	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
14:45	15:00	M							0
		O	12	26	11	32	10	15	106
		N	1	1	1				3
		A		1		1	1		3
		NS				1			1
		Suma	13	28	12	34	11	15	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
15:00	15:15	M						1	1
		O	19	21	17	20	16	11	104
		N	1	1	1	1			4
		A			1	2			3
		NS			1			3	4
		Suma	20	22	20	23	16	15	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
15:15	15:30	M		1		1			2
		O	13	26	11	17	15	13	95
		N			4	1			5
		A				1			1
		NS					1	1	2
		Suma	13	27	15	20	16	14	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
15:30	15:45	M							0
		O	15	22	11	12	19	15	94
		N	1	1	1	1	1	1	6
		A		1					1
		NS			1	1			2
		Suma	16	24	13	14	20	16	

Od	Do	Typ voz.	A→C	C→A	B→C	C→B	A→B	B→A	Suma
15:45	16:00	M	4	1	1	1	1	1	9
		O	14	21	14	16	7	11	83
		N	3		2	1		3	9
		A							0
		NS				1		1	2
		Suma	21	22	17	19	8	16	



## P.2 - Kapacitní posouzení současného stavu pro rok 2035:

Stupně podřazenosti d. p.:

Dopravní proudy 1. stupně: **6, 7, 8**

Dopravní proudy 2. stupně: **3, 4**

Dopravní proudy 3. stupně: **2**

Intenzity:

$$I_2 = 223 \text{ voz/h}$$

$$I_6 = 92 \text{ voz/h}$$

$$I_3 = 171 \text{ voz/h}$$

$$I_7 = 67 \text{ voz/h}$$

$$I_4 = 124 \text{ voz/h}$$

$$I_8 = 92 \text{ voz/h}$$

Rozhodující intenzity:

$$I_{H2} = I_7 + I_6 + I_4 + 0,5 \cdot I_8 = 67 + 92 + 124 + 0,5 \cdot 92 = 329 \text{ voz/h}$$

$$I_{H3} = I_7 + 0,5 \cdot I_8 = 67 + 0,5 \cdot 92 = 113 \text{ voz/h}$$

$$I_{H4} = I_7 + I_8 = 67 + 92 = 159 \text{ voz/h}$$

Kritický časový odstup:

$$t_{g2} = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%} = 4,4 + 0,036 \cdot 50 = 6,2 \text{ s}$$

$$t_{g3} = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%} = 2,8 + 0,038 \cdot 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$t_{g4} = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%} = 3,4 + 0,021 \cdot 50 = 4,5 \text{ s}$$

Následný časový odstup:

$$t_{f2} = 3,3 \text{ s}$$

$$t_{f3} = 3,1 \text{ s}$$

$$t_{f4} = 2,6 \text{ s}$$

Základní kapacita:

$$G_2 = \frac{3600}{3,3} \cdot e^{-\frac{329}{3600} \cdot \left(6,2 - \frac{3,3}{2}\right)} = 720 \text{ pvoz/h} \quad G_6 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_3 = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-\frac{113}{3600} \cdot \left(4,7 - \frac{3,1}{2}\right)} = 1052 \text{ pvoz/h} \quad G_7 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_4 = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{595}{3600} \cdot \left(4,5 - \frac{2,6}{2}\right)} = 1205 \text{ pvoz/h} \quad G_8 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

Pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu druhého stupně č. 4:

$$p_{0,4} = \max \left\{ \begin{matrix} 1 - a_v = 1 - \frac{I_n}{C_n} \\ 0 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 1 - \frac{I_4}{C_4} \\ 0 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 1 - \frac{132}{1205} \\ 0 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 0,8905 \\ 0 \end{matrix} \right\} = 0,8905$$

Kapacita:

$$C_2 = G_2 \cdot p_{0,4} = 720 \cdot 0,8905 = 641 \text{ pvoz/h}$$

$$C_3 = G_3 = 1052 \text{ pvoz/h}$$

$$C_4 = G_4 = 1205 \text{ pvoz/h}$$

$$C_6 = G_6 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_7 = G_7 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_8 = G_8 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva:

$$Rez_2 = 641 - 227 = 414 \text{ pvoz/h} \quad Rez_2 = \left(1 - \frac{227}{641}\right) \cdot 100 = 64,6 \%$$

$$Rez_3 = 1052 - 177 = 875 \text{ pvoz/h} \quad Rez_3 = \left(1 - \frac{177}{1052}\right) \cdot 100 = 83,2 \%$$

$$Rez_4 = 1205 - 132 = 1073 \text{ pvoz/h} \quad Rez_4 = \left(1 - \frac{132}{1205}\right) \cdot 100 = 89,0 \%$$

$$Rez_6 = 1800 - 98 = 1702 \text{ pvoz/h} \quad Rez_6 = \left(1 - \frac{98}{1800}\right) \cdot 100 = 94,6 \%$$

$$Rez_7 = 1800 - 72 = 1728 \text{ pvoz/h} \quad Rez_7 = \left(1 - \frac{72}{1800}\right) \cdot 100 = 96,0 \%$$

$$Rez_8 = 1800 - 95 = 1705 \text{ pvoz/h} \quad Rez_8 = \left(1 - \frac{95}{1800}\right) \cdot 100 = 94,7 \%$$

Střední doba zdržení:

$$t_{w2} = < \mathbf{9\ s}$$

$$t_{w6} = < \mathbf{7\ s}$$

$$t_{w3} = < \mathbf{7\ s}$$

$$t_{w7} = < \mathbf{7\ s}$$

$$t_{w4} = < \mathbf{7\ s}$$

$$t_{w8} = < \mathbf{7\ s}$$

Úroveň kvality dopravy:

$$\dot{UKD}_2 = \mathbf{A}$$

$$\dot{UKD}_6 = \mathbf{A}$$

$$\dot{UKD}_3 = \mathbf{A}$$

$$\dot{UKD}_7 = \mathbf{A}$$

$$\dot{UKD}_4 = \mathbf{A}$$

$$\dot{UKD}_8 = \mathbf{A}$$

Výsledky stupně vytížení dopravních proudů:

$$a_{v2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{227}{641} = \mathbf{0,35}$$

$$a_{v3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{177}{1052} = \mathbf{0,17}$$

$$a_{v4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{132}{1052} = \mathbf{0,11}$$

$$a_{v6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{98}{1800} = \mathbf{0,05}$$

$$a_{v7} = \frac{I_7}{C_7} = \frac{72}{1800} = \mathbf{0,04}$$

$$a_{v8} = \frac{I_8}{C_8} = \frac{95}{1800} = \mathbf{0,05}$$

Délka fronty na vjezdech:

$$N_{95\%,2} = \mathbf{5,1\ m}$$

$$N_{95\%,3} = \mathbf{2,5\ m}$$

$$N_{95\%,4} = \mathbf{1,4\ m}$$

$$N_{95\%,6} = < \mathbf{1,0\ m}$$

$$N_{95\%,7} = < \mathbf{1,0\ m}$$

$$N_{95\%,8} = < \mathbf{1,0\ m}$$

## **P.3 - Kapacitní posouzení varianty A - upravené přednosti na stykové křižovatce pro rok 2035:**

Stupně podřazenosti d. p.:

Dopravní proudy 1. stupně: **2, 3, 8**

Dopravní proudy 2. stupně: **6, 7**

Dopravní proudy 3. stupně: **4**

Intenzity:

$$I_2 = 223 \text{ voz/h}$$

$$I_6 = 92 \text{ voz/h}$$

$$I_3 = 171 \text{ voz/h}$$

$$I_7 = 67 \text{ voz/h}$$

$$I_4 = 124 \text{ voz/h}$$

$$I_8 = 92 \text{ voz/h}$$

Rozhodující intenzity:

$$I_{H4} = I_2 + I_7 + I_8 + 0,5 \cdot I_3 = 223 + 67 + 92 + 0,5 \cdot 171 = 467,5 \text{ voz/h}$$

$$I_{H6} = I_7 + 0,5 \cdot I_8 = 67 + 0,5 \cdot 92 = 308,5 \text{ voz/h}$$

$$I_{H7} = I_7 + I_8 = 67 + 92 = 394 \text{ voz/h}$$

Kritický časový odstup:

$$t_{g4} = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%} = 5,2 + 0,022 \cdot 50 = 6,3 \text{ s}$$

$$t_{g6} = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%} = 2,8 + 0,038 \cdot 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$t_{g7} = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%} = 3,4 + 0,021 \cdot 50 = 4,5 \text{ s}$$

Následný časový odstup:

$$t_{f4} = 3,5 \text{ s}$$

$$t_{f6} = 3,1 \text{ s}$$

$$t_{f7} = 2,6 \text{ s}$$

Základní kapacita:

$$G_2 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_3 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$G_4 = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-\frac{467,5}{3600} \cdot \left(6,3 - \frac{3,5}{2}\right)} = 570 \text{ pvoz/h}$$

$$G_6 = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-\frac{308,5}{3600} \cdot \left(4,7 - \frac{3,1}{2}\right)} = 887 \text{ pvoz/h}$$

$$G_4 = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{394}{3600} \cdot \left(4,5 - \frac{2,6}{2}\right)} = 944 \text{ pvoz/h}$$

$$G_8 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

Pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu druhého stupně č. 4:

$$p_{0,7} = \max \left\{ \begin{matrix} 1 - a_v = 1 - \frac{I_n}{c_n} \\ 0 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 1 - \frac{I_7}{c_7} \\ 0 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 1 - \frac{72}{939} \\ 0 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 0,9423 \\ 0 \end{matrix} \right\} = 0,9423$$

Kapacita:

$$C_2 = G_3 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_3 = G_4 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$C_4 = G_4 \cdot p_{0,7} = 570 \cdot 0,9423 = 537 \text{ pvoz/h}$$

$$C_6 = G_6 = 887 \text{ pvoz/h}$$

$$C_7 = G_7 = 944 \text{ pvoz/h}$$

$$C_8 = G_8 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva:

$$Rez_2 = 1800 - 227 = 1573 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_2 = \left(1 - \frac{227}{1800}\right) \cdot 100 = 87,4 \%$$

$$Rez_3 = 1800 - 177 = 1623 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_3 = \left(1 - \frac{177}{1800}\right) \cdot 100 = 90,2 \%$$

$$Rez_4 = 537 - 132 = 405 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_4 = \left(1 - \frac{132}{537}\right) \cdot 100 = 75,4 \%$$

$$Rez_6 = 887 - 98 = 789 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_6 = \left(1 - \frac{98}{887}\right) \cdot 100 = 89,0 \%$$

$$Rez_7 = 944 - 72 = 872 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_7 = \left(1 - \frac{72}{944}\right) \cdot 100 = 92,4 \%$$

$$Rez_8 = 1800 - 95 = 1705 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_8 = \left(1 - \frac{95}{1800}\right) \cdot 100 = 94,7 \%$$

Střední doba zdržení:

$$t_{w2} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w6} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w3} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w7} = < 7 \text{ s}$$

$$t_{w4} = < 9 \text{ s}$$

$$t_{w8} = < 7 \text{ s}$$

Úroveň kvality dopravy:

$$\dot{U}KD_2 = A$$

$$\dot{U}KD_6 = A$$

$$\dot{U}KD_3 = A$$

$$\dot{U}KD_7 = A$$

$$\dot{U}KD_4 = A$$

$$\dot{U}KD_8 = A$$

Výsledky stupně vytížení dopravních proudů:

$$a_{v2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{227}{1800} = \mathbf{0,13}$$

$$a_{v3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{177}{1800} = \mathbf{0,10}$$

$$a_{v4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{132}{537} = \mathbf{0,25}$$

$$a_{v6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{98}{887} = \mathbf{0,11}$$

$$a_{v7} = \frac{I_7}{C_7} = \frac{72}{944} = \mathbf{0,08}$$

$$a_{v8} = \frac{I_8}{C_8} = \frac{95}{1800} = \mathbf{0,05}$$

Délka fronty na vjezdech:

$$N_{95\%,2} = \mathbf{2,7 \text{ m}}$$

$$N_{95\%,3} = \mathbf{2,0 \text{ m}}$$

$$N_{95\%,4} = \mathbf{6,0 \text{ m}}$$

$$N_{95\%,6} = \mathbf{2,2 \text{ m}}$$

$$N_{95\%,7} = \mathbf{1,6 \text{ m}}$$

$$N_{95\%,8} = \mathbf{1,0 \text{ m}}$$

**Jelikož kapacita varianty A – stykové křižovatky s upravenou předností vyhoví pro výhledový rok 2035, není nutné počítat kapacitní výpočet i pro rok 2015.**

## P.4 - Kapacitní posouzení varianty B - okružní křižovatky pro rok 2035:

Kapacitní posouzení probíhalo podle TP 234 – Posuzování kapacity okružních křižovatek.

Intenzity [pvoz/h]	do A	do B	do C	Suma
z A	-	77	100	177
z B	102	-	136	238
z C	232	188	-	420
Suma	334	265	236	

### Intenzita dopravy na okruhu

$$I_{K(A)} = BC = 136 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{K(B)} = CA = 232 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{K(C)} = AB = 77 \text{ pvoz/h}$$

$$t_{g(A)} = 5,6 - 0,1 \cdot b = 5,6 - 0,1 \cdot 12 = 4,4 \text{ s}$$

$$t_{g(B)} = 5,6 - 0,1 \cdot b = 5,6 - 0,1 \cdot 13 = 4,3 \text{ s}$$

$$t_{g(C)} = 5,6 - 0,1 \cdot b = 5,6 - 0,1 \cdot 15 = 4,1 \text{ s}$$

$$t_{f(A)} = 3,6 - 0,0625 \cdot R_{i(A)} = 3,6 - 0,04 \cdot 15 = 2,7 \text{ s}$$

$$t_{f(B)} = 3,6 - 0,0625 \cdot R_{i(B)} = 3,6 - 0,04 \cdot 25 = 2,7 \text{ s}$$

$$t_{f(C)} = 3,6 - 0,0625 \cdot R_{i(C)} = 3,6 - 0,04 \cdot 25 = 2,7 \text{ s}$$

### Vstupní hodnoty pro výpočet

Rameno	b [m]	R <sub>i</sub> [m]	R <sub>e</sub> [m]	t <sub>g</sub> [s]	t <sub>f</sub> [s]	Δ [s]	n <sub>k</sub> [-]	N <sub>i,koef</sub> [-]
A	12	15	25	4,4	2,7	2,1	1	1
B	13	15	25	4,3	2,7	2,1	1	1
C	15	15	25	4,1	2,7	2,1	1	1



## Kapacita vjezdu

**Obecný vzorec:** 
$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_K}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_K}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)}$$

$$C_{i(A)} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 136}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,7} \cdot e^{-\frac{136}{3600} \left(4,4 - \frac{2,7}{2} - 2,1\right)} = 1200 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{i(B)} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 232}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,7} \cdot e^{-\frac{232}{3600} \left(4,3 - \frac{2,7}{2} - 2,1\right)} = 1105 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{i(C)} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 77}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,7} \cdot e^{-\frac{77}{3600} \left(4,1 - \frac{2,7}{2} - 2,1\right)} = 1273 \text{ pvoz/h}$$

## Rezerva kapacity

**Obecný vzorec:** 
$$Rez_n = C_n - I_n$$

$$Rez_A = C_A - I_A = 1200 - 177 = 1023 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_B = C_B - I_B = 1105 - 238 = 867 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_C = C_C - I_C = 1273 - 420 = 853 \text{ pvoz/h}$$

## Stupeň vytížení

**Obecný vzorec:** 
$$a_{v(n)} = \frac{I_n}{C_n}$$

$$a_{v(A)} = \frac{I_A}{C_A} = \frac{177}{1200} = 0,15$$

$$a_{v(B)} = \frac{I_B}{C_B} = \frac{238}{1105} = 0,22$$

$$a_{v(C)} = \frac{I_C}{C_C} = \frac{420}{1273} = 0,33$$

## Délka fronty

$$\text{Obecný vzorec: } N_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_n \cdot \left( a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right)$$

$$N_{95\%,A} = \frac{3}{2} \cdot 1200 \cdot \left( 0,15 - 1 + \sqrt{(1 - 0,15)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,15}{1200}} \right) = 3,2 \text{ m}$$

$$N_{95\%,B} = \frac{3}{2} \cdot 1105 \cdot \left( 0,22 - 1 + \sqrt{(1 - 0,22)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,22}{1105}} \right) = 5,1 \text{ m}$$

$$N_{95\%,C} = \frac{3}{2} \cdot 1273 \cdot \left( 0,33 - 1 + \sqrt{(1 - 0,33)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,33}{1273}} \right) = 8,8 \text{ m}$$

## Kapacita výjezdu

$$\text{Obecný vzorec: } C_e = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f}$$

$$n_{e,koef} = 1$$

$$t_{f(A)} = 3,6 - 0,04 \cdot R_{e(A)} = 3,6 - 0,04 \cdot 25 = 2,6 \text{ s}$$

$$t_{f(B)} = 3,6 - 0,04 \cdot R_{e(B)} = 3,6 - 0,04 \cdot 25 = 2,6 \text{ s}$$

$$t_{f(C)} = 3,6 - 0,04 \cdot R_{e(C)} = 3,6 - 0,04 \cdot 25 = 2,6 \text{ s}$$

$$C_{e(A)} = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} = \frac{3600 \cdot 1}{2,6} = 1384 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{e(B)} = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} = \frac{3600 \cdot 1}{2,6} = 1384 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{e(C)} = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} = \frac{3600 \cdot 1}{2,6} = 1384 \text{ pvoz/h}$$

## Stupeň vytížení

$a_v < 0,9$  ... výjezd vyhovuje

$a_v \geq 0,9$  ... výjezd nevyhovuje

$$a_{v(A)} = \frac{I_{e(A)}}{C_{e(A)}} = \frac{334}{1384} = 0,24 \text{ ..... Kapacita výjezdu A vyhoví.}$$

$$a_{v(B)} = \frac{I_{e(A)}}{C_{e(A)}} = \frac{265}{1384} = 0,19 \text{ ..... Kapacita výjezdu B vyhoví.}$$

$$a_{v(C)} = \frac{I_{e(A)}}{C_{e(A)}} = \frac{236}{1384} = 0,17 \text{ ..... Kapacita výjezdu C vyhoví.}$$

**Jelikož kapacita OK vyhoví pro rok 2035, není nutné ji počítat i pro výchozí rok 2015.**